



VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA



FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA VÝROBNÍCH STROJŮ A KONSTRUOVÁNÍ

# NÁVRH KARABINY S VYUŽITÍM STÁVAJÍCÍ SESTAVY RÁMU

CARBINES DESIGN USING THE EXISTING FRAME ASSEMBLY

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA'S THESIS

STUDENT  
VEDOUCÍ PRÁCE

Bc. ALEŠ KOSTKA  
Dr. Ing. JAROSLAV MELECKÝ

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Aleš Kostka**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: **Návrh karabiny s využitím stávající sestavy rámu**  
**Carbines Design Using the Existing Frame Assembly**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci řešení diplomové práce zpracujte ideový návrh karabiny s využitím stávající sestavy rámu pistole CZ 75.

Diplomová práce bude dále obsahovat:

- analýzu a řešení dané problematiky
- variantní řešení vybraných uzlů
- konstrukční zpracování optimální varianty
- návrh a pevnostní výpočet hlavně
- návrh závěru
- výpočet funkčního cyklu zbraně, cyklogram
- příslušnou výkresovou dokumentaci

Bližší specifikace nutných technických údajů a požadavků bude upřesněna v průběhu řešení diplomové práce ve spolupráci s firmou Česká zbrojovka a.s., Uherský Brod.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1.vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1999. 119 s.  
SERENSEN, S. V., KOGAJEV, V. P., ŠNEJDEROVIČ, R.M. *Únosnost a pevnostní výpočty strojních součástí*. Praha, SNTL, 1967.  
LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.  
MYNÁŘ, V. A KOL. *Části strojů*. VŠB-TU Ostrava, 1978. 398 s.  
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.  
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr.Ing. Jaroslav Melecký**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že (diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Aleš Kostka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Blizákovce 233,  
763 31 Brumov-Bylnice

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KOSTKA, A. *Návrh karabiny s využitím stávající sestavy rámu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 58 s. Vedoucí práce: Melecký, J.

Diplomová práce se zabývá problematikou návrhu konverze na stávající pistolový rám. V první části práce je definován pojem konverze, klasifikován na základě Zákona o zbraních. Dále jsou popsány jednotlivé funkční mechanismy konverze a funkční cyklus zbraně. Druhá část práce se zabývá návrhem a konstrukčním řešením nové konverze na sestavu stávajícího rámu pistole CZ 75 Compact. Výsledkem práce je návrh sestavy konverze, pevnostní výpočet hlavně, kinematika závěrového mechanismu a ověření návrhu na základě funkčního cyklu zbraně (energetická metoda). Dalším výstupem je výkresová dokumentace hlavních dílů zbraně.

## ANNOTATION OF DIPLOMA'S THESIS

KOSTKA, A. *Carabine Design with use of current frame assembly: Degree thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Mechanical Faculty, Department of production machines and design , 2017, 58 s. The Head of thesis: Melecký, J.

Degree thesis deals with issue of design of conversion for current pistol frame. In the first part is defined notion of conversion, classificated on the base of The Gun law. Further are written separate function mechanisms of conversion and function cycle of the weapon. The second part of the thesis deals with concept and design solution of new conversion on assembly of current frame of the CZ 75 Compact pistol. Result of the thesis is design of conversion assembly, strength analysis of the barrel, cinematics of the slide mechanism and proving the concept on the base of function cycle of the weapon (energetic method). Next output is drawing documentation of the main weapon parts.

# Obsah

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	6
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	10
Úvod .....	11
1 Klasifikace karabinové konverze, definice základních pojmů .....	12
1.1 Ruční krátká palná zbraň .....	12
1.1.1 Zákon o zbraních 119/2002 Sb. ....	12
1.1.2 Definice kategorií zbraní .....	13
1.2 Typy zbraní [1][2][6] .....	13
1.2.1 Pistole samonabíjecí, automatická .....	14
1.2.2 Samopal .....	15
1.2.3 PDW .....	15
1.3 Konverze [1] .....	15
1.3.1 Rozdělení konverzí .....	16
1.3.2 Výhody a nevýhody prvního typu .....	17
1.3.3 Výhody a nevýhody druhého typu .....	17
1.3.4 Součásti konverze .....	17
1.3.5 Materiály konverzí .....	18
2 Střelivo pro krátké kulové zbraně [7] .....	20
2.1 Součásti náboje .....	20
2.2 Dělení a charakteristika střeliva .....	21
3 Průběh výstřelu, funkční cyklus automatické zbraně .....	23
3.1 Funkční diagram [2][3] .....	23
3.2 Funkční cyklus .....	24
4 Mechanizmy zbraně (konverze) [2] .....	25
4.1 Hlaveň .....	25
4.1.1 Nábojová komora .....	25

4.1.2	Přechodový kužel .....	25
4.1.3	Vodící část .....	26
4.2	Závěrový mechanismus .....	26
4.2.1	Dynamický/neuzamčený .....	26
4.2.2	Dynamický brzděný .....	27
4.2.3	Zamčený .....	27
4.3	Bicí ústrojí .....	28
4.3.1	Kohoutové .....	28
4.3.2	Úderníkové .....	29
4.4	Spoušťové ústrojí .....	30
4.5	Další mechanismy .....	30
5	Konstrukční řešení konverze [8][9] .....	31
5.1	Konstrukční uzly konverze .....	31
5.1.1	Uložení sestavy konverze v rámu .....	31
5.1.2	Uložení hlavně v konverzi a rámu .....	32
5.1.3	Uložení závěru v pouzdru závěru .....	33
5.1.4	Uchycení pažby .....	33
5.2	Hlavní díly konverze .....	33
5.2.1	Hlaveň .....	33
5.2.2	Závěr .....	34
5.2.3	Pouzdro závěru .....	35
5.2.4	Předsuvná pružina .....	36
5.3	Sestavení zbraně .....	36
5.3.1	Sestavení konverze .....	36
5.3.2	Sestavení konverze a rámu .....	37
6	Návrh, pevnostní výpočet hlavně .....	39
6.1	Výpočet vnitřní balistiky .....	39



6.2	Návrh a výpočet hlavně.....	40
7	Výpočet funkčního cyklu zbraně.....	44
7.1	Cyklogram zbraně.....	44
7.2	Výpočet impulzu síly od výstřelu, energie závěru.....	45
7.3	Energetická bilance mechanismu.....	46
7.3.1	Předběžný návrh pedsuvné pružiny .....	46
7.3.2	Výpočet složek ztrátových energií .....	47
7.3.3	Kontrolní výpočet dopadové energie a rychlosti závěru v zadní úvrati .....	49
7.3.4	Výpočet energie a rychlosti závěru v přední úvrati .....	49
7.4	Funkční diagram zbraně .....	50
	Závěr .....	52
	Seznam použité literatury .....	53
	Přílohy .....	54
	Příloha A.....	54
	Příloha B.....	56
	Příloha C.....	59
	Příloha D.....	61

## Seznam použitých zkratk a symbolů

PDW – Osobní obranná zbraň – z anglického *Personal Defense Weapon*

IMI – Israel Military Industries – výrobce zbraní

MIL-STD – Military Standard

NATO - North Atlantic Treaty Organization, Organizace Atlantické smlouvy

SA – Single Action, jednočinný režim spouště

DA – Double Action, dvojčinný režim spouště

DAO – Double Action Only

C.I.P. - Mezinárodní stálá komise pro zkoušky ručních palných zbraní (Commission Internationale Permanente pour l'Épreuve des Armes à Feu Portatives)

STANAG – Proces standardizace a schvalování v rámci NATO (Standardization Agreement)

SAAMI –Institut sportovních zbraní a výrobců střeliva ( Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute)

## Úvod

Konstrukce a výroba ručních krátkých palných zbraní je v současné době dynamicky se rozvíjející strojírenské odvětví s návazností na bouřlivý technický a technologický rozvoj v průběhu posledních dvou staletí. Obor má značný ekonomický potenciál, důkazem tohoto je množství nových produktů světových zbrojovek a jejich uplatnění u ozbrojených složek po celém světě, na poli sportovní střelby a v neposlední řadě u hobby střelců.

Zatímco na konci 19. a v první polovině 20. století vznikaly základní konstrukční řešení jednotlivých uzlů zbraně, v současné době je – s aplikací známých mechanismů – kladen důraz na ergonomii zbraně, ovladatelnost při střelbě, charakteristiku spouště, bezpečnost, životnost a spolehlivost.

Karabinová konverze je z technického hlediska nástavba na krátkou palnou zbraň, která zlepšuje užité vlastnosti zbraně při využití mechanismů stávající zbraně.

Konstrukce karabinových konverzí je specifickým odvětvím zbrojního průmyslu, které tvoří doplněk do portfolia (semi)automatických ručních krátkých zbraní. Mezi hlavní výhody konverzí patří zlepšení variability stávající zbraně, zvýšení efektivního dostřelu. V zemích, kde je zakázáno vlastnit danou kategorii zbraně, pak zastupuje legální mezičlánek mezi krátkou a dlouhou zbraní. Dále výroba konverzí jedné kategorie není podmíněna vlastnictvím zbrojní licence a její nabytí nepodléhá registraci ani ohlášení dle Zákona o zbraních.

# 1 Klasifikace karabinové konverze, definice základních pojmů

## 1.1 Ruční krátká palná zbraň

Zbraně a zbraňové systémy se rozdělují do pod-kategorií na základě různých kritérií. Tato kritéria se odvíjí od fyzikálního a funkčního principu zbraně, velikosti a délky zbraně, ráže, předpokládaného použití apod.

Jednou z kategorií jsou *lovecké, sportovní a obranné zbraně*[2]. Tato kategorie zahrnuje z fyzikálního hlediska *mechanické, palné a plynové zbraně*[2], v případě palných zbraní to jsou ruční malorážové zbraně.

U palné zbraně je dosaženo účinku v cíli okamžitým uvolněním chemické energie výmetné náplně a její přeměnou na mechanickou energii stlačeného plynu, která je využita k uvedení střely do pohybu.

Specifickou kategorií je ruční krátká palná zbraň, která tvoří podmnožinu ručních malorážových zbraní a zároveň je omezena délkou buď celé zbraně, nebo její části, a to v různých konfiguracích a provozních stavech.

Z legislativního hlediska pak jednoznačně definuje kategorie zbraní Zákon o zbraních 119/2002 Sb.

### 1.1.1 Zákon o zbraních 119/2002 Sb.

Zákon o zbraních 119/2002 Sb, v celém znění názvu *Zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu a o změně zákona č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o změně zákona č. 288/1995 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o střelných zbraních), ve znění zákona č. 13/1998 Sb., a zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, (zákon o zbraních)* upravuje práva a povinnosti držitelů zbrojních průkazů, možnosti nabývání vlastnictví, držení či nošení zbraně nebo střeliva. [1]

### 1.1.2 Definice kategorií zbraní

Zákon definuje v části první, hlavě II, §3 - §7 kategorie zbraní na 4 základní skupiny:

- a) *zakázané zbraně, zakázané střelivo nebo zakázané doplňky zbraní - kategorie A (dále jen "zbraně kategorie A"),*
- b) *zbraně podléhající povolení - kategorie B (dále jen "zbraně kategorie B"),*
- c) *zbraně podléhající ohlášení - kategorie C (dále jen "zbraně kategorie C") a*
- d) *ostatní zbraně - kategorie D (dále jen "zbraně kategorie D"),*
- e) *střelivo do zbraní kategorií A až D, které není zakázané (dále jen "střelivo").*

[1]

Za zbraně kategorie A až D se považují také její hlavní části. U ruční krátké palné zbraně to zpravidla bývají hlaveň, závěr, rám (tělo).

Z hlediska délky zbraně je jako *krátká zbraň* definována jako palná zbraň, jejíž délka hlavně nepřesahuje 300 mm nebo jejíž celková délka nepřesahuje 600 mm. *Dlouhá zbraň* je palná zbraň, která není krátkou zbraní. [1]

## 1.2 Typy zbraní [1][2][6]

Jednotlivé typy zbraní jsou blíže specifikovány jejich vnějšími rozměry, účelem použití, provozními režimy střelby, obsluhou apod. Zbraně z funkčního hlediska a zároveň uživatelského pohledu lze dělit na 4 základní kategorie:

- a) **jednoranové zbraně** – na jedno stisknutí spouště vyjde jeden výstřel. Pro každý další výstřel je nutné manuálně vytáhnout vystřelenou nábojnici, vložit nový náboj do komory, napnout bicí mechanismus a uzavřít závěr.
- b) **opakovací zbraně** – na jedno stisknutí spouště vyjde 1 výstřel. Pro každý další výstřel je nutné provést úkony z bodu a). Náboje do této kategorie zbraně nejsou vkládány po jednom ručně, ale jsou podávány ze zásobovacího ústrojí – nábojové schránky, zásobníku.

- c) **samonabíjecí zbraně** – na jedno stisknutí spouště vyjde 1 výstřel. Úkony z bodů a) a b) jsou provedeny automatikou mechanismu zbraně. Pro další výstřel je nutné uvolnit a opětovně stisknout spoušť.
- d) **Plně automatické zbraně** – do této kategorie patří zbraně střílející dávkou. Pro druhý a každý další výstřel není nutné uvolnit spoušť, zbraň střílí, dokud jsou v zásobovacím ústrojí náboje. Zvláštní kategorií jsou zbraně střílející x-rannou dávkou (obvykle 2 – 3 výstřely) na 1 stisknutí zbraně.

Tyto zbraně jsou dle zákona o zbraních zařazeny do kategorie A – zakázané zbraně (...) jejichž nabytí a vlastnictví je podmíněno výjimkou, kterou uděluje Policie České republiky.

### 1.2.1 Pistole samonabíjecí, automatická

Pistole jako krátká ruční palná zbraň může být buď samonabíjecí, nebo plně automatická. Dominantní z hlediska počtu vyráběných kusů a použití je první varianta. Někteří výrobci zbraní a doplňků nabízejí konverze pro uschopnění zbraně střílet v plně automatickém režimu, takto upravená zbraň pak spadá do kategorie A dle zákona o zbraních.

Zástupce této kategorie tvoří např. Colt 1911, CZ 75, pistole Glock a další.

Do kategorie *pistole samonabíjecí* spadají i zbraně původně definované jako samopal upravené pro civilní použití s omezením funkce na samonabíjecí.



Obr. 1 Samonabíjecí pistole CZ Shadow 2

### 1.2.2 Samopal

Samopal je krátká ruční palná zbraň, která používá pistolové střelivo. Obvykle je používána v plně automatickém režimu. Některé zbraně jsou vybaveny voličem střelby a umožňují i provoz v samonabíjecím režimu a krátkou dávkou.

Do kategorie samopal spadá např. německý MP5 výrobce Heckler & Koch, izraelský UZI výrobce IMI, český CZ Scorpion EVO 3 výrobce Česká zbrojovka Uherský Brod, a.s.



*Obr. 2 Samopal CZ Scorpion EVO 3*

### 1.2.3 PDW

Kategorie PDW je poměrně mladou skupinou zbraní, jejichž oblast použití je především v armádě a ozbrojených složkách. Jedná se o typ zbraně používající střelivo s odlišnými vlastnostmi od pistolového. Zbraň typu PDW je charakteristická svými kompaktními rozměry (velikostí odpovídá pistoli), velkokapacitním zásobovacím ústrojím a použitím střeliva se zvýšenou průrazností, obvykle malé ráže 4 – 6 mm (4,6x30 mm, 5,7x28 mm).

Zástupci této kategorie jsou např. FN P90 výrobce Fabrique Nationale de Herstal, MP7 výrobce Heckler & Koch.

## 1.3 Konverze [1]



Karabinová konverze je specifický typ zbraně, případně doplňku zbraně, který rozšiřuje oblast použití zbraně, zvyšuje efektivní dostřel zbraně a zlepšuje uživatelský komfort zbraně. Může být chápána pouze jako pažba, příp. pouzdro, do kterého se vloží obvykle celá zbraň, nebo může tvořit samostatný funkční celek, který je v součinnosti s ostatními mechanismy zbraně. Charakteristické vlastnosti obou systémů, jejich výhody a nevýhody, jsou popsány níže.

U všech typů konverzí je velmi významná výhoda ve zvýšení tzv. *záměrné vzdálenosti*, což je vzdálenost mezi mířidly. Čím větší je hodnota záměrné vzdálenosti, tím je zacílení a střelba přesnější.

Konverze jsou obvykle vybaveny standardizovanými lištami pro montáž taktického příslušenství, zaměřovačů a dalších doplňků.



Obr. 3 Konverze s vloženou zbraní CZ P-10C

### 1.3.1 Rozdělení konverzí

Za hlavní kritérium pro rozdělení konverzí na dva základní typy může být bráno znění zákona 119/2002 Sb, konkrétně příloha *Vymezení zbraní a střeliva*, která mimo jiné definuje hlavní části zbraně jako *hlaveň, vložná hlaveň, vložná nábojová komora, rám, válec revolveru, pouzdro závěru nebo tělo a závěr*.

V závislosti na přítomnosti jedné nebo více hlavních částí zbraně mohou být konverze rozděleny na:



**a) Konverze podléhající registraci**

U konverzí tohoto typu bývají hlavními částmi zpravidla hlaveň a závěr. Tyto díly musí mít výrobní číslo, musí projít tormentační zkouškou dle Zákona č. 156/2000 Sb. o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů dále na nich musí být vyraženy značky zkušebny a další povinné údaje.

Tato zbraň je prodejná pouze držitelům zbrojního průkazu a příslušného nákupního povolení a obvykle podléhá registraci.

**b) Konverze nepodléhající registraci**

Do této kategorie patří pažby, konverze, pouzdra a další zařízení, jejichž součástí není žádný hlavní díl zbraně. Obvykle se celá sestava zbraně do této konverze vloží a upevní.

**1.3.2 Výhody a nevýhody prvního typu**

Předností u prvního typu je použití delší hlavně, která obvykle bývá pevně fixována na rám zbraně. U delší hlavně dochází ke zvýšení výkonu střeliva – navýšení pracovního/spalovacího prostoru pro střelný prach. U kratších hlavní prach dohořívá většinou i po opuštění střely z hlavně a jeho energie je tak nevyužita.

Další výhodou je delší vedení střely v drážkách vývrtu hlavně. Střelba z takové hlavně bývá obvykle přesnější než z hlavně krátké.

Nevýhodou je přítomnost hlavních dílů zbraně. Taková konverze není volně prodejná, musí být ověřena a registrována. Výrobce tohoto typu konverze musí vlastnit zbrojní licenci.

**1.3.3 Výhody a nevýhody druhého typu**

Konverze druhého typu je volně prodejná a nejedná se o hlavní díl zbraně. Z legislativního hlediska může být výrobcem kdokoli.

Přesnost u tohoto typu zbraně je dána přesností uložení zbraně v konverzi, to je zároveň nedostatkem tohoto systému.

**1.3.4 Součásti konverze**

Konverze se skládá obvykle z těchto částí:

**a) Tělo**

V těle bývá uložena samotná zbraň, dále slouží jako připojovací rozhraní pro další části konverze (pažbu apod.)

**b) Pažba**

Slouží k zalícení zbraně, úchopu. Na ergonomii tohoto členu závisí uživatelské vlastnosti konverze, ovladatelnost a konečném důsledku přesnost zbraně.

**c) Montáž**

Montáží se rozumí lišty pro zavěšení taktického příslušenství, zaměřovačů apod. V současné době se používá standard MIL-STD 1913, také známý jako *NATO accessory rail* nebo *Picatinny rail*. Rozměry lišty dle normy jsou uvedeny v příloze D.

**d) Hlaveň**

Pouze u typu 2. Popis funkce hlavně je uveden v kapitole 3.1.

**e) Funkční členy závěrového mechanismu**

Pouze u typu 2. Popis funkce jednotlivých mechanismů a jednotlivé typy jsou uvedeny v kapitole 4.2.



Obr. 4 Konverze s vyjmutou zbraní a zásobníkem

**1.3.5 Materiály konverzí**

Hlavní díly konverze u prvního typu zbraně (dle kap. 1.3.1) bývají vyrobeny z legované oceli. Typickými zástupci jsou materiály dle ČSN 15 230, ČSN 15 142, dále oceli třídy 14 a 16.

Na těla, pažby, montáže se používají hliníkové slitiny (EN AW 6061, EN AW 7005) a plasty (vyztužené skelnými vlákny), např. PA6GFXX, PA66 apod.

## 2 Střelivo pro krátké kulové zbraně [7]

Střelivo pro krátké kulové zbraně je soubor všech nábojů a nábojek, které se používají v samonabíjecích pistolích, samopalech, zbraních PDW a revolverech. Využívá chemických, mechanických a tepelných vlastností výbušnin k vyvolání účinku po výstřelu. Pro uvedené použití bývá zpravidla nízkého až středního balistického výkonu a má relativně malé délkové rozměry. Rozměry a tolerance nábojů, nábojových komor řeší mezinárodní norma C.I.P., americká norma SAAMI a NATO norma STANAG.

**Ráže** - Definuje základní tvarovou a rozměrovou charakteristiku střeliva.



Obr. 5 Značení náboje

### 2.1 Součásti náboje

#### Střela

Střely lze podle konstrukce rozdělit na 3 základní typy:

- *Bezplášťové střelivo*
- *Poloplášťové střelivo*
- *Celoplášťové střelivo*

Zvláštní typ střel – trasovací, zápalné, výbušné apod. se v ručních krátkých palných zbraních běžně nepoužívají.

**Nábojnice****Zápalka****Výmetná prachová náplň**

*Obr. 6 Součásti náboje*

**2.2 Dělení a charakteristika střeliva**

Střelivo do krátkých palných kulových zbraní se rozděluje a liší na základě svých vlastností, oblasti použití, typu zbraně, prachové navážky, hmotnosti a tvaru střely a dalších charakteristik.

- Střelivo pro samonabíjecí/automatické pistole
- Samopalové střelivo
- Subsonické střelivo
- Střelivo pro zbraně kategorie PDW

Zvláštními kategoriemi střeliva jsou cvičné náboje, školní náboje, tormentační a zkušební náboje a svědečné střelivo.



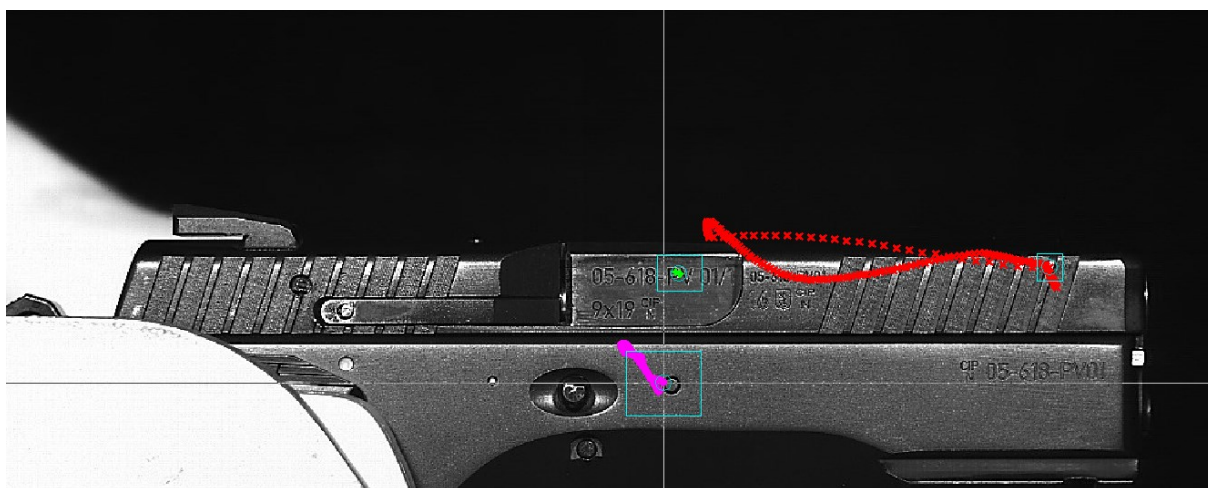
*Obr. 7 Typy nábojů*



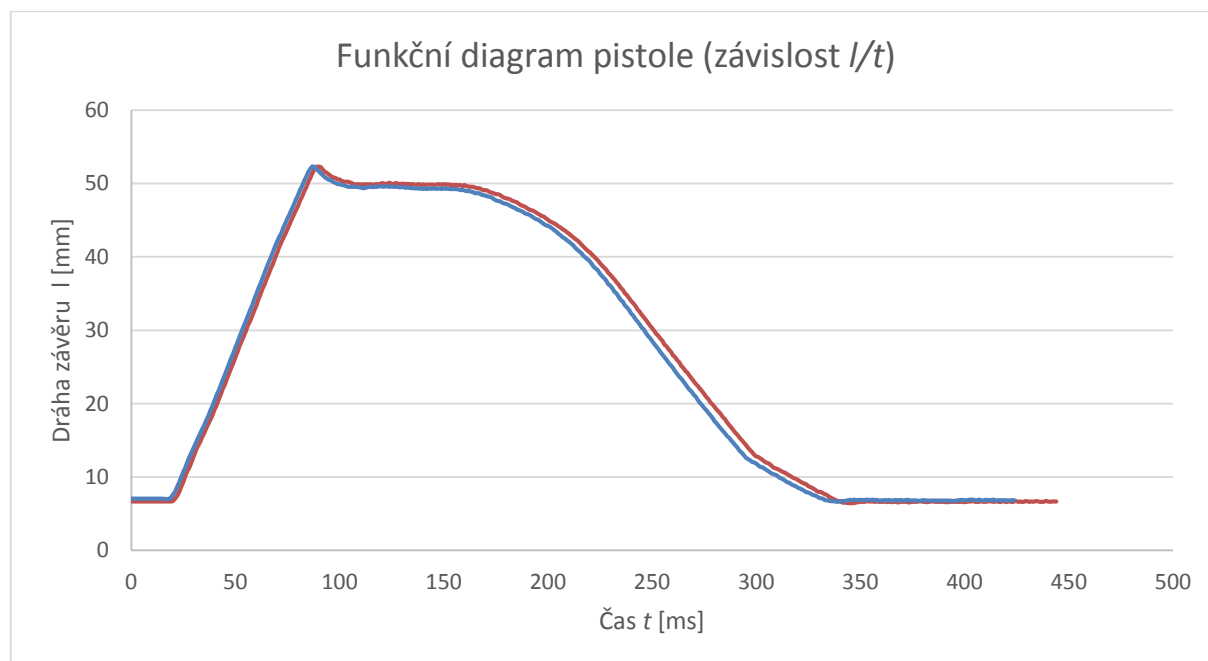
### 3 Průběh výstřelu, funkční cyklus automatické zbraně

#### 3.1 Funkční diagram [2][3]

Funkční diagram je grafické znázornění některé ze závislostí: dráhy na čase, rychlosti na dráze apod. Data pro graf lze získat analyticky (výpočet funkčního cyklu), nebo změřením a vyhodnocením zbraně při skutečném výstřelu.



Obr. 8 Měření funkčního cyklu zbraně



Graf 1 Funkční diagram zbraně

### 3.2 Funkční cyklus

Funkční cyklus jednoho výstřelu začíná iniciací zápalky a obvykle končí přebitím nového náboje a uzavřením (uzamčením) závěru, kdy je zbraň připravena k dalšímu výstřelu.

#### **Společný zákluz hlavně a závěru**

Na počátku výstřelu u výkonnějších ráží. Nutný z důvodu vytvoření pevného dna hlavně v okamžiku špičkového tlaku v hlavni.

#### **Odemykání**

Odstranění pevné vazby hlaveň závěr, tzv. *podkluz*.

#### **Vytažení nábojnice**

Vytažení nábojnice z komory hlavně, uvolnění prostoru pro nový náboj. Důležitý prvek chlazení komory hlavně.

#### **Vyhození nábojnice**

Mimo nábojový prostor. Obvykle nárazem dna nábojnice na trn vyhazovače.

#### **Doraz závěru v zadní poloze**

Tvrdý ráz, u některých konstrukcí je použit tlumicí prvek, tzv. *buffer*.

#### **Podání náboje**

Z nábojiště (ústí zásobníku) do komory.

#### **Napínání bicího mechanismu**

Zajištění napnutého bicího mechanismu.

#### **Uzamykání hlavně, společný zákluz hlavně a závěru.**



## 4 Mechanizmy zbraně (konverze) [2]

### 4.1 Hlaveň

Hlaveň je základní součástí palné zbraně. V užším pojetí bývá chápána samotná hlaveň jako zbraň. Dochází v ní k přeměně chemické energie střelného prachu na mechanickou/tlakovou a tepelnou energii, její částí je vedena střela. Hlaveň je zatížena tlakovou silou od výstřelu a teplem uvolněným při hoření prachu.

Z konstrukčního hlediska se jedná o silnostěnnou trubku, základním funkčním prvkem hlavně je vývrt, jeho součástí je nábojová komora a přechodový kužel. Na vnější straně hlavně v místě nábojové komory je hlaveň podle funkce zbraňového mechanismu opatřena ozuby a dalšími uzamykacími prvky.

Průřez hlavně po její podélné ose reflektuje zatížení hlavně v daném místě. Průřez bývá největší v komorové části hlavně v místě přechodového kuželu a směrem k ústí se zmenšuje.

#### 4.1.1 Nábojová komora

Osově souměrná část vývrtu v jeho zadní části, ve které je uložen náboj. Může mít v závislosti na typu náboje jednoduchý válcový tvar, kónický tvar, nebo složený. Je obvykle vyráběn komorovými výstružníky, z hlediska funkce a požadavky na zbraň je důležitá drsnost povrchu. Parametry a rozměry nábojové komory jsou stanoveny např. v normě C.I.P.

#### 4.1.2 Přechodový kužel

Tvoří přechod mezi nábojovou komorou a drážkovanou částí vývrtu. V místě přechodového kuželu se zařezává střela do drážek, na jeho provedení závisí přesnost zbraně

#### 4.1.3 Vodící část

Část hlavně, kterou je vedena střela. Odpovídá ráži zbraně, může být hladká nebo drážkovaná. Podélné drážky kopírují tvar šroubovice a je jimi stabilizována střela. Součástí drážkovaného vývrtu jsou *drážky* a *pole*. Podle typu drážkování mohou být pravoúhlé (úhel přechodu mezi drážkami a poli je roven  $90^\circ$ ), tupoúhlé, nebo polygonální. U posledního jmenovaného tvoří drážky a pole soustava tečně napojených mimostředných částí kružnic a přechod mezi drážkami a poli tak není patrný.

Na ústí hlavně bývá sražení příp. radius a tato část má rozhodující vliv na přesnost zbraně.

### 4.2 Závěrový mechanismus

Závěrový mechanismus tvoří pohyblivé dno hlavně. Jeho základní funkcí je uzavřít hlavěň v době výstřelu a umožnit otevření hlavně a nabití nového náboje po výstřelu. Z funkčního hlediska existují 3 základní typy závěru – neuzamčený, bržděný a uzamčený závěr. Použití konkrétního typu se odvíjí od použité ráže, jejího výkonu a požadavku na zbraň.

Pohyb závěru je základním prvkem funkčního cyklu zbraně. Po výstřelu je vlivem impulsu síly od výstřelu odsunován směrem vzad, ze zadní úvratě je vracen impulzem od nárazu a energií stlačené pedsuvné pružiny.

#### 4.2.1 Dynamický/neuzamčený

Nejjednodušší typ závěru. Používá se u slabších ráží do ráže 9mm Luger. U tohoto typu neexistuje v době výstřelu pevné spojení hlavěň/závěr a nábojová komora je tak uzavřena pouze hmotností závěru, setrvačností pohybujících se hmot a silou pedsuvné pružiny. Závěr je otevírán okamžitě po výstřelu a platí zde pravidlo akce a reakce. Klíčovým prvkem pro návrh závěru je výpočet dráhy pohybu závěru po dobu pohybu střely v hlavni.

Hlavěň u tohoto typu bývá obvykle pevně uložena v rámu.

#### 4.2.2 Dynamický brzděný

Je druh dynamického závěru. Při pohybu vzad po výstřelu je brzděn kromě setrvačnosti a síly vratné pružiny dalším mechanismem. Brzdění umožňuje použití výkonnější ráže u dynamického závěru, příp. snížení hmotnosti závěru a tím celé zbraně.

#### 4.2.3 Zamčený

Mezi hlavní a závěrem je u tohoto typu je v průběhu výstřelu pevné spojení. Po poklesu tlaku v hlavni na bezpečnou mez pro otevření je závěr odemčen. Existují různé mechanismy uzamčení hlavně.

Základním kritériem pro klasifikaci uzamčených závěrů je zákluz hlavně. Dle tohoto rozdělení existují 3 typy. Závěry bez zákluzu (kde je hlaveň pevně uložena a funkční cyklus je obvykle založen na principu odběru prachových plynů z hlavně), s krátkým zákluzem hlavně (hlaveň zakluzuje na vzdálenosti menší než je délka náboje) a hlaveň s dlouhým zákluzem.

Kinematika uzamykacího mechanismu se u jednotlivých provedení liší.

#### Uzamčení vloženou závorou

Pevné spojení u tohoto typu je zajištěno vloženým prvkem – závorou. Po dráze společného zákluzu je závora vychýlena a dojde k odemčení a otevření závěru. Závora s hlavní dále nezakluzuje.

Vloženou závorou může být samotná hlaveň, tento typ uzamčení používá např. systém Browning a jeho derivace.

Speciálním případem vložené závory je uzamčení pomocí rotace hlavně. Kinematika je zde založena na složeném pohybu hlavně, kdy při posuvu hlavně v její podélné ose se hlaveň kolem této osy otáčí. Výsledným pohybem (myšleného bodu v nenulové vzdálenosti od středu hlavně) je šroubovice.



*Obr. 9 Detail závěrového mechanismu pistole – typ Browning*

#### **Uzamčení nesenou závorou**

Od předchozího typu se liší dráhou závory. Závora zde zakluzuje po celou dráhu zákluzu závěru – je jím nesená.

### **4.3 Bicí ústrojí**

Bicí ústrojí je v kinematické vazbě se spoušťovým ústrojím a jeho funkcí je odpálení náboje. To může být provedeno na základě mechanického nebo elektrického impulsu. Druhý typ není u malorážových zbraní příliš rozšířený a v této práci bude řešen pouze mechanický princip.

#### **4.3.1 Kohoutové**

Mechanismus, kde energii zápalníku udělí náraz otáčejícího se kohoutu (příp. kladívka u skrytého bicího mechanismu). Točivý moment je na kohoutu vyvolán působením bicí pružiny, která je uložena mimo osu zápalníku. Přenos momentu je řešen buď pákovým mechanismem, nebo je bicí pružina uložena v tělese kohoutu.



*Obr. 10 Součásti bicího mechanismu*

#### **4.3.2 Úderníkové**

Bicí mechanismus s přímoběžným pohybem úderníku/zápalníku. Bicí pružina je uložena v ose úderníku a výslednice její síly je v místě podélné osy úderníku.



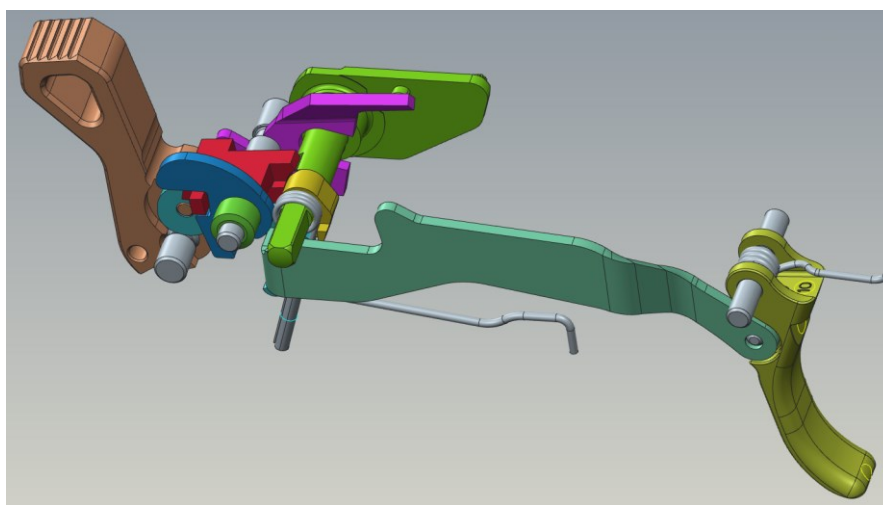
*Obr. 11 Úderníkový bicí mechanismus*

## 4.4 Spoušťové ústrojí

Spoušťovým ústrojím je ovládána činnost bicího mechanismu. V závislosti na jeho funkci může být jednočinné (tzv. *Single Action, SA*), dvojčinné (tzv. *Single Action/Double Action, SA/DA*) nebo pouze dvojčinné (*Double Action Only, DAO*).

Základními díly spoušťového ústrojí jsou spoušť, spoušťové táhlo (páka), záchyt kohoutu (úderníku).

- **Jednočinné**
- **Dvojčinné SA/DA**
- **Pouze dvojčinné DAO**



Obr. 12 Spoušťový mechanismus CZ Omega

## 4.5 Další mechanismy

- **Zásobovací ústrojí**
- **Vytahovač**
- **Vyhazovač**
- **Pojistka automatická/manuální, vypouštění kohoutu**
- **Mířidla**
- **Střelecká pohotovost**
- **Výstražník**
- **Systém pažby**

## 5 Konstrukční řešení konverze [8][9]

Konverze je navržena na rozhraní stávajícího rámu pistole CZ 75 Compact. Spouštěvé, bicí a zásobovací ústrojí je původní z pistole CZ 75.

Předmětem návrhu konverze je hlaveň, závěrový mechanismus a vratné ústrojí. Konverze dále využívá stávající díly bicího mechanismu a vytahovače, je tak částečně platformizována se základním modelem pistole.

Sestava je navržena tak, aby byla snadno zamontována zákazníkem bez použití speciálních nástrojů.

Z hlediska funkce se jedná o závěr dynamický. U tohoto typu závěru je základním konstrukčním úkolem navržení a vyladění vazby závěr – předsuvná pružina. Návrh tak musí splňovat několik podmínek:

- spolehlivé uzavření nábojové komory v době výstřelu,
- spolehlivost funkčního cyklu,
- životnost zbraně,
- minimální natahovací sílu závěru (obsluha zbraně, uživatel).

Požadavky na návrh jsou navzájem protichůdné, viz Tab. 1:

Kritéria pro návrh mechanismu závěru				
	Těžký závěr	Lehký závěr	Silná vratná pružina	Slabá vratná pružina
Spolehlivé uzavření nábojové komory	X		X	
Spolehlivost funkčního cyklu			X	
Životnost zbraně	X		X	
Obsluha (min. natahovací síla závěru)		X		X

Tab. 1 Kritéria pro návrh závěru

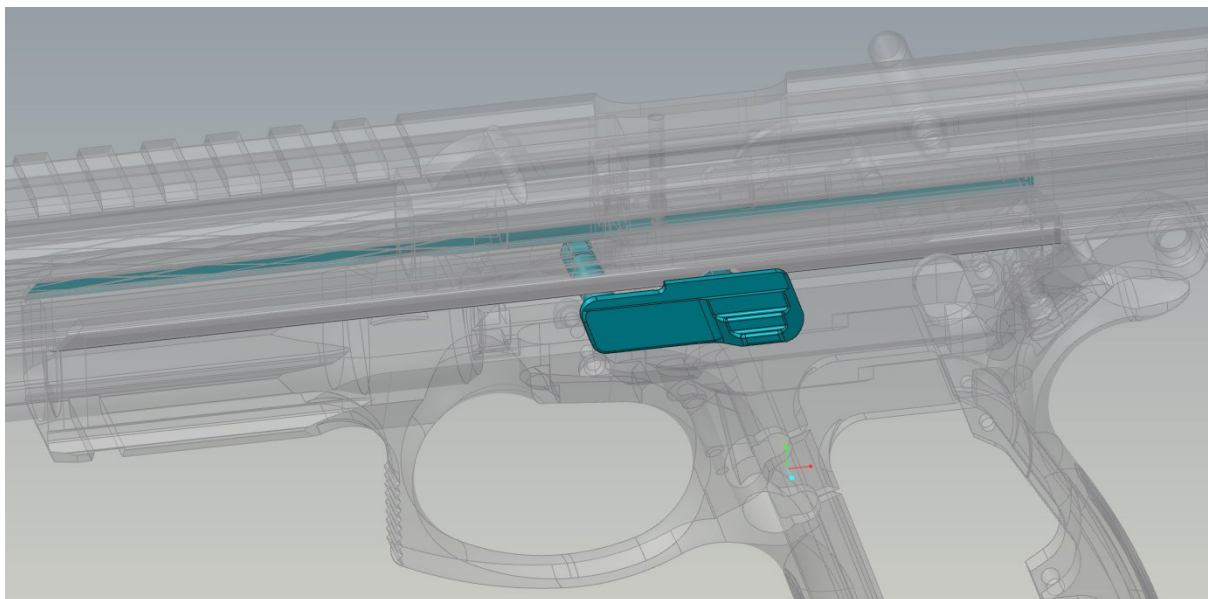
### 5.1 Konstrukční uzly konverze

#### 5.1.1 Uložení sestavy konverze v rámu

K pevnému spojení s rámem – rozhraním jsou využity 2 prvky na rámu zbraně:

- Původní drážky vedení závěru
- Osa záchyty závěru.

Konverze je suvně uložena v drážkách vedení závěru a zajištěna čepem uloženým v díře pro záchyt závěru.

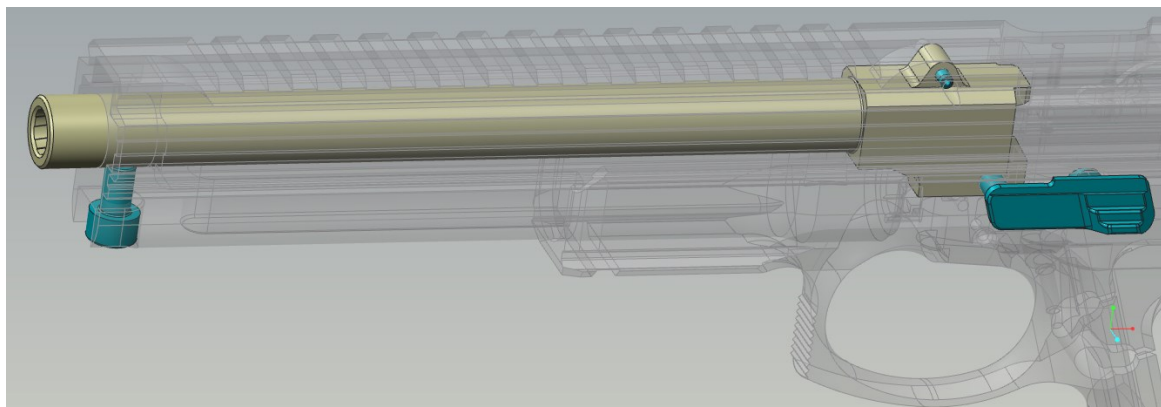


*Obr. 13 Konstrukční řešení uložení konverze v pistolovém rámu*

### 5.1.2 Uložení hlavně v konverzi a rámu

Konstrukční řešení využívá pevné, bezzákluzové uložení hlavně. Ta je uložena ve 3 bodech:

- Čepové spojení s rámem v místě osy záchytu závěru
- Spojení svinutým kolíkem s pouzdem konverze
- Uložení s vůlí ve vedení hlavně v její přední části. Tato vůle je vymezena stavěcím šroubem.



*Obr. 14 Uložení hlavně*

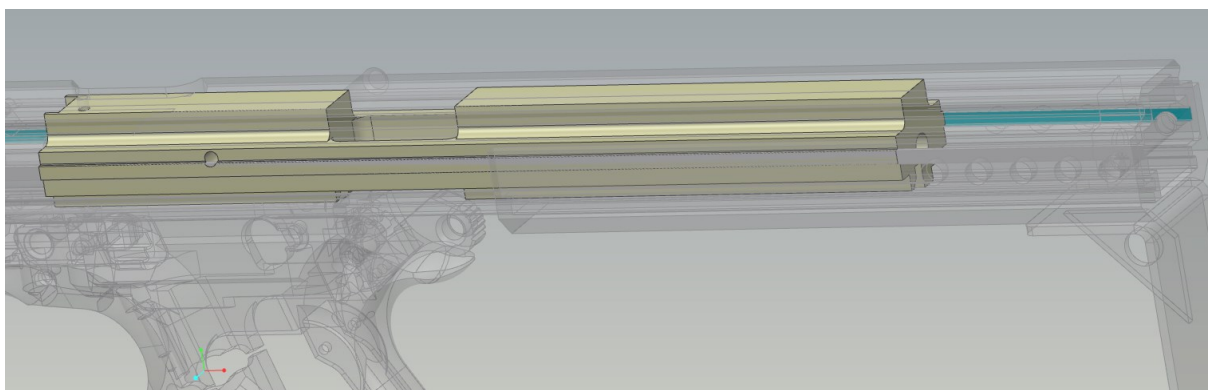


Z výše uvedeného řešení vyplývá nutnost tzv. *nastřelení zbraně* po montáži konverze díky tolerancím ve vymezení hlavně, převážně v její přední části.

Toto však bývá obvyklé i u jiných typů zbraní a to např. i po výměně mířidel.

### 5.1.3 Uložení závěru v pouzdru závěru

Závěr konverze je suvně uložen v pouzdru závěru a je veden ve vyfrézovaných drážkách. Doraz závěru v přední (základní) poloze tvoří čelo hlavně. Doraz v zadní úvratí je tvořen dnem předsuvné pružiny. Závěr je v této části při jeho pohybu brzděn předsuvnou pružinou.



Obr. 15 Vedení závěru

### 5.1.4 Uchycení pažby

Při uchycení pažby jsou využity drážky vedení na pouzdru závěru. Díl pažby je do nich nasunut a proti posuvu zajištěn čepem, který zajišťuje zároveň zátku předsuvné pružiny. Pažba má více otvorů, tzn. umožňuje více poloh. Je tak univerzální pro více střelců a zlepšuje ergonomii zbraně.

## 5.2 Hlavní díly konverze

### 5.2.1 Hlaveň

Hlaveň vychází ze standardní hlavně používané v pistolích CZ 75 – modifikace s kvadratickým tvarem nábojové komory. Při návrhu a pevnostním výpočtu je využitý materiál 15 230 dle ČSN. Jedná se o běžný materiál používaný pro výrobu hlavní.

Celková délka hlavně je 200 mm. Rozměry vývrtu a nábojové komory odpovídají normě C.I.P. pro náboj 9x19 Luger. Průměr válcové části hlavně je volen jako konstantní – 14,28 mm. Na základě tohoto průměru je ověřena výpočtem pevnost hlavně. Na horní části hlavně v místě nábojové komory je díra pro pružný kolík – uložení hlavně v pouzdru závěru.

### 5.2.2 Závěr

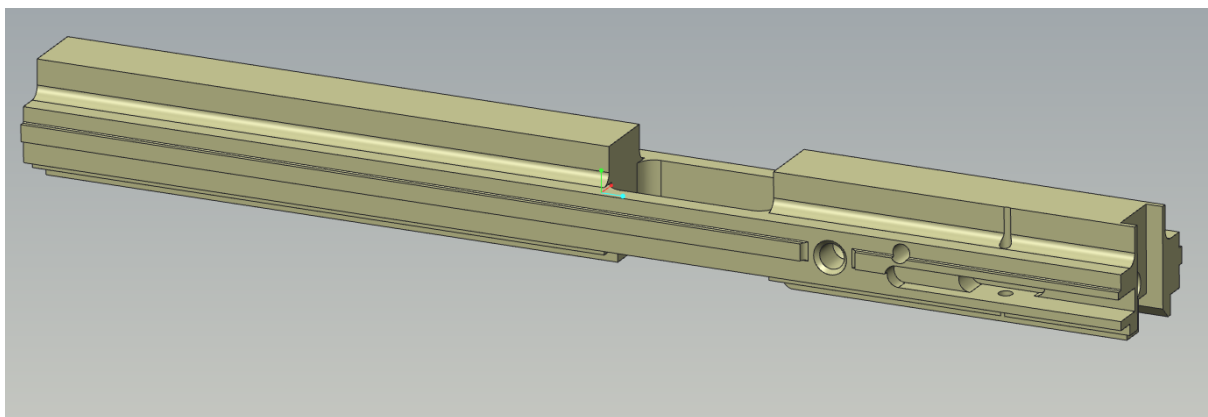
Závěr je konstruován jako monoblok. Tvoří dno komory při výstřelu, je v něm uložen zápalník, vytahovač. V zadní části závěru je vybrání pro předsuvnou pružinu.

Omezením při návrhu závěru byly jeho vnější rozměry – celková výška a šířka. Rozměry závěru jsou tak dány rámem zbraně a pouzdem závěru.

Hlavním problémem při návrhu závěru byla jeho hmotnost. U dynamického závěru je pro ráži 9mm Luger empirická hmotnost závěru cca 500 g. Aby bylo dosaženo přibližně této hmotnosti při návrhu, bylo nutné zvětšit hlavní rozměr – celkovou délku závěru. Hmotnost závěru dále snižují vybrání pro mechanismy zbraně, pracovní prostor pro bicí mechanismus – kohout atd.

Jako materiál závěru byla zvolena ocel 15 142 dle ČSN. Jedná se o chrom-molybdenovou ocel, která je vhodná k nitridaci. Díky jejím mechanickým vlastnostem je vhodná pro použití u hlavních částí zbraní.

Chemicko-tepelné zpracování a povrchová úprava závěru bude kalení a nitridace s následnou postoxidací. Povrch závěru tak bude tvrdý, odolný proti otěru a korozi při zachování houževnatého jádra.



Obr. 16 Závěr konverze

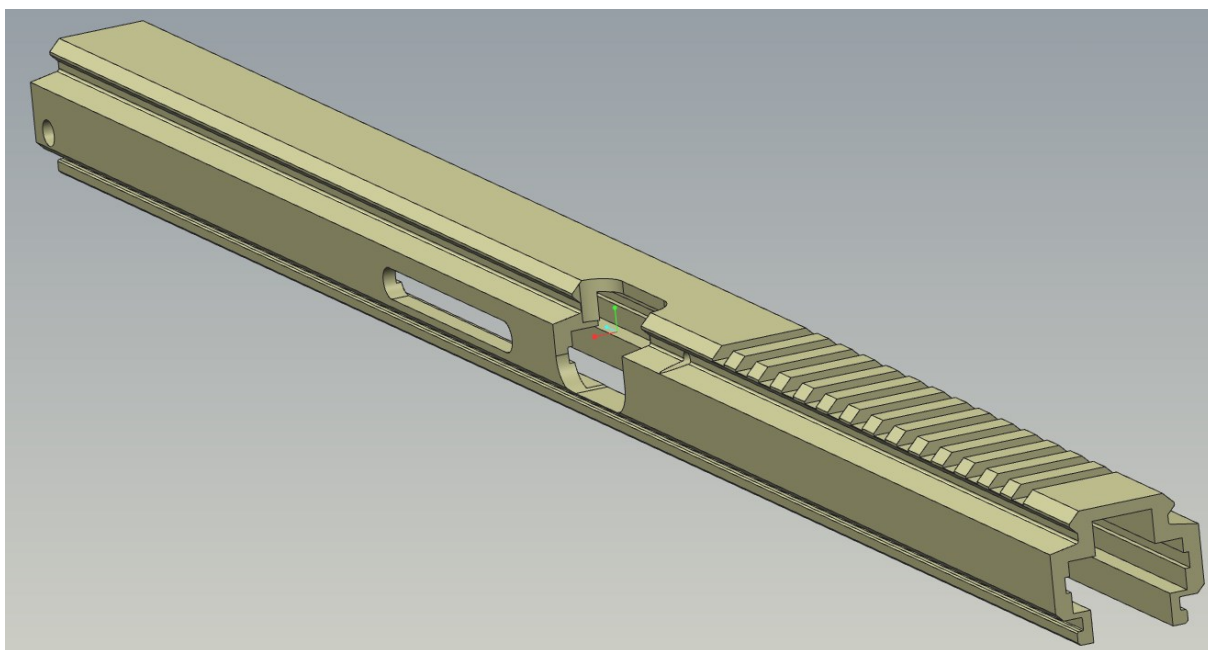
### 5.2.3 Pouzdro závěru

Pouzdro závěru plní funkci rozhraní pro sestavení na pistolový rám a nosiče dalších součástí. Je v něm pevně uložena hlaveň, spoj je zajištěn svinutým kolíkem. V zadní části pouzdra je suvně uložen závěr. V přední části je v drážkách uloženo vedení hlavně. Spoj je zajištěn šroubem M6, ten zároveň vymezuje uložení hlavně v přední části. V místě nábojové komory hlavně je velké výhozné okénko.

Pouzdro závěru je opatřeno lištou pro taktické příslušenství. Lišta je provedena dle standardu MIL-STD 1913.

Profil pouzdra závěru a jeho konstrukce je navržena s předpokladem pro výrobu z duralového otevřeného profilu. Významně se tak sníží procento odpadu při obrábění pouzdra a zvýší se životnost nástrojů. Důvodem volby tohoto materiálu byla jeho nízká hmotnost a fakt, že pouzdro není při výstřelu nijak extrémně namáháno.

Povrchová úprava pouzdra je tvrdý elox. Ta umožňuje různá barevná provedení pouzdra závěru a zaručuje dobré kluzné vlastnosti pro závěr.



*Obr. 17 Pouzdro závěru*

#### 5.2.4 Předsuvná pružina

Předsuvná pružina poskytuje energii pro dokončení funkčního cyklu zbraně a vrácení závěru do výchozí polohy. Dále plní funkci tlumiče rázu závěru v zadní poloze. Je stlačována impulzem od výstřelu.

Návrh vratné pružiny vychází z požadavku minimální dopadové rychlosti závěru v jeho zadní úvratí. Ta je nutná pro spolehlivost funkčního cyklu.

Pružina je navržena jako válcová tlačná s konstantním vnějším průměrem a konstantním stoupáním šroubovice. Průřez drátu je volen válcový.

Z hlediska výrobních nákladů byl kladen důraz na využití stávající pružiny z katalogu výrobce pružin.

### 5.3 Sestavení zbraně

Sestava celé zbraně proběhne ve dvou hlavních bodech. Zaprvé bude částečně sestavena konverze, ve druhé části pak bude konverze zamontována na pistolový rám.

#### 5.3.1 Sestavení konverze

Sestavení konverze je provedeno v těchto krocích:

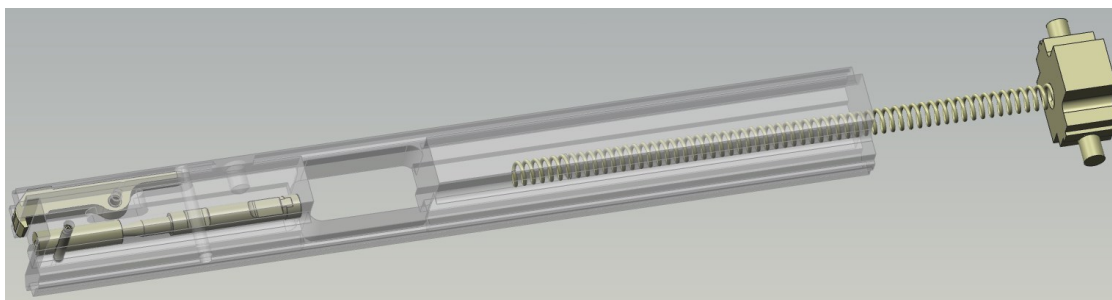
- 1) Montáž hlavně – hlaveň bude zakolíkovaná do pouzdra závěru v její zadní části.
- 2) Montáž vedení hlavně – vedení bude nasunuto na válcovou část hlavně a zároveň do drážek v pouzdra závěru z přední strany. Spoj bude zajištěn šroubem M6 utahovacím momentem 11,5 Nm max., proti povolení bude na závit aplikován přípravek Loctite 243.

Typ→ Závit ↓	Utahovací momenty šroubových spojů				
	Šrouby a matice běžné jakosti				
	třída pevnosti šroubu/matice				
	10.9 / 10				
	nejmenší mez kluzu v tahu Re nebo Rp02				
	do M30/přes M30 = 883/735				
	F <sub>m</sub> max	Z <sub>m</sub> min	F <sub>m</sub>	M <sub>u</sub> max	M <sub>u</sub>
	[kN]			[Nm]	
M5	7.8	4.9	6.4	7.4	6.7
M6	11.1	6.9	9.0	12.7	11.5
M8	20.3	12.7	16.5	30.8	27.7
M8x1	22.2	13.9	18.1	33.2	29.9
M10	32.3	20.2	26.2	61.9	55.7
M10x1 25	34.8	21.8	28.2	65.7	59.2

Tab. 2 Utahovací moment zajišťovacího šroubu

[[http://www.pars.cz/wp-content/uploads/2016/03/01\\_Aktualita\\_Utahovaci%C2%AD-momenty-sroubovych-spoju-1.pdf](http://www.pars.cz/wp-content/uploads/2016/03/01_Aktualita_Utahovaci%C2%AD-momenty-sroubovych-spoju-1.pdf)]

- 3) Osazení závěru – do zápalníkové díry bude vsunuta vložka zápalníku. Bude zarovnána na rovinu lůžka závěru a svrtána se závěrem v půdorysné rovině, viz výkresová dokumentace. Spoj bude zajištěn svinutým kolíkem. Do připravené díry bude vložen zápalník s pružinou zápalníku, ten bude v závěru zajištěn svinutým kolíkem. Dále proběhne montáž vytahovače a pružiny vytahovače do příslušné drážky a jeho zajištění kolíkem.



Obr. 18 Sestava závěru

### 5.3.2 Sestavení konverze a rámu

- 1) Sestava konverze se nasune do drážek v rámu zbraně a zajistí se čepem v místě díry pro záchyt závěru.

- 2) Montáž závěru do pouzdra – podsestava závěru bude nasunuta do drážek pouzdra závěru z jeho zadní strany. Do díry v zadní části závěru bude vložena předsuvná pružina. Toto uložení bude předeprnuto a zajištěno zátkou předsuvné pružiny. Ta bude společně s pažbou zajištěna čepem. Zároveň bude provedena montáž pažby.
- 3) Do závěru bude našroubována ovládací páka a zajištěna přípravkem Loctite 243.

## 6 Návrh, pevnostní výpočet hlavně

### 6.1 Výpočet vnitřní balistiky

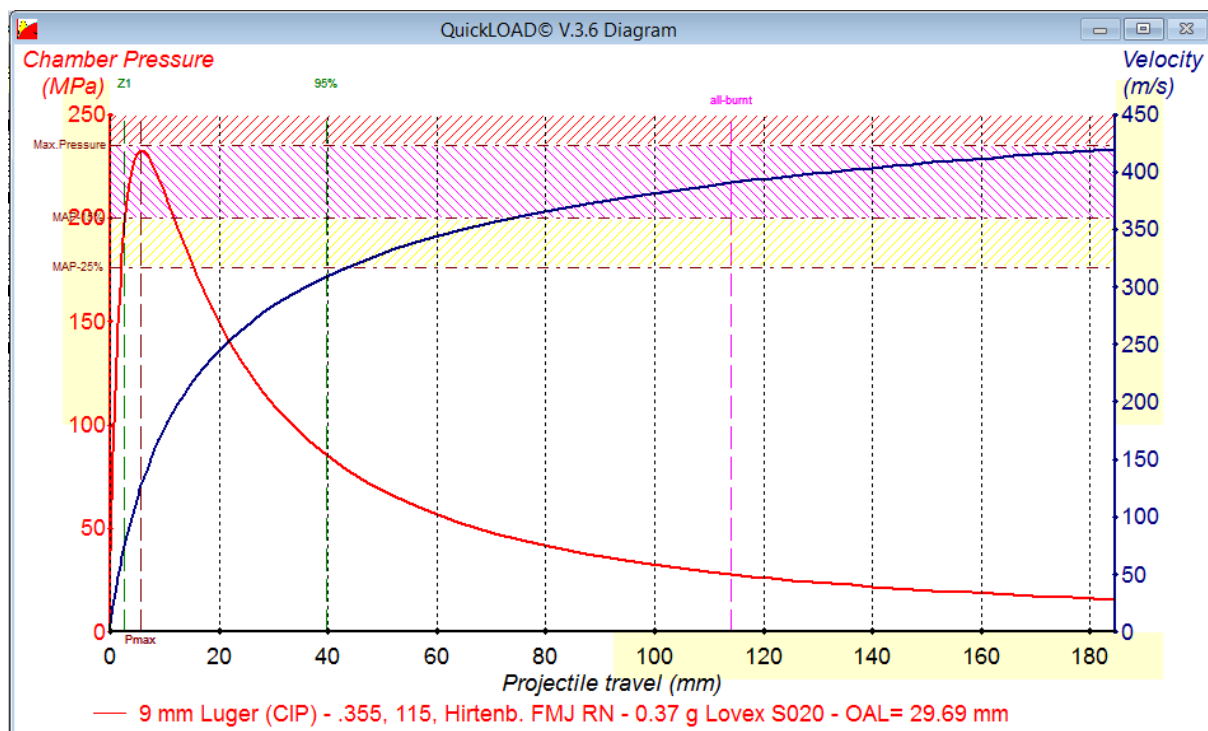
Základními údaji pro návrh a pevnostní výpočet hlavně je výpočet vnitřní balistiky. Vnitřní balistika je souhrn veličin popisujících děj v hlavní při výstřelu. Vnitřní balistika hlavně/zbraně je popsána soustavou analytických a diferenciálních rovnic a obvykle bývá řešena numericky. Za počátek výpočtu bývá volen okamžik uvolnění střely z nábojnice a začátek jejího pohybu. Druhou okrajovou podmínkou je okamžik opuštění střely z hlavně.

Pro pevnostní výpočet hlavně je důležité znát průběh tlaku v hlavní a jeho extrém – maximum. Průběh tlaku v hlavní bývá uváděn v závislosti na čase, dráze střely apod.

Vnitřní balistika hlavně byla spočítána v programu QuickLOAD. Program umožňuje numerický výpočet základních vnitrobalistických veličin na základě vstupních dat náboje a hlavně. Konstrukční charakteristiky hlavně vychází z návrhu konstrukce hlavně, parametry náboje jsou uloženy v interní knihovně programu. Pro výpočet byly zvoleny parametry běžného spotřebního náboje 9mm Luger. Vstupní data pro výpočet jsou uvedena v Tab. č. 3. Výstup výpočtu vnitrobalistických veličin je uveden v příloze A.

QuickLOAD® V.3.6 Cartridge Dimensions				QuickLOAD® V.3.6 Charge			
Selected Bullet:		File:\qloadfw		Selected Cartridge:		File:\qloadfw	
.355, 115, Hirtenb. FMJ RN				9 mm Luger (CIP)			
<input type="checkbox"/> Tail/base Chased	<input type="checkbox"/> Friction-proofed						
Seating Depth	0.146	Inches	3.71	Pmax (MAP)	34084	psi	235.0
Shank Seat Depth	0.146	Inches	3.71	Meas. Method	Piezo CIP		
Bullet Length	0.561	Inches	14.25	Bullet Weight	115.0	Grains	7.452
Bullet Diameter	0.355	Inches	9.02	Cross-sectional Bore Area	.097046	Sq. inches	62.61
Cartridge Length	1.169	Inches	29.69	Maximum Case Capacity, overflow	13.31	Grains H2O	0.864
Case Length	0.754	Inches	19.15	Volume Occupied by Seated Bullet	3.659	Grains	0.238
Groove Caliber	0.355	Inches	9.02	Useable Case Capacity	9.648	Grains	0.626
Barrel Length	7.874	Inches	200.0	Weighting Factor	0.75	Apply&Calc	
Bullet Travel	7.266	Inches	184.56				
				Selected Propellant:			
				Lovex S020			
				Heat of Explosion / Potential			
				4150 kJ/kg			
				Ratio of Specific Heats			
				1.2249			
				Burning Rate Factor Ba			
				2.7500 1/bar·s			
				Pro- or Degressivity Factor a0			
				1.9183			
				Progressive Burning Limit z1			
				0.310 x 100%			
				Factor b			
				1.5202			
				Propellant Solid Density			
				1.300 g/cm³			
				Shot Start (Initiation) Pressure			
				15.0 MPa			
				Filling/L.R.			
				91.1 %			
				Charge Weight			
				5.63 Grains			
				0.365 Grams			

Tab. 3 Konstrukční charakteristiky a nabíjecí podmínky náboje 9mm Luger



Graf 2 Průběh tlaku v hlavni a rychlosti střely v závislosti na dráze

QuickLOAD© V.3.6 Results			
Maximum Chamber Pressure (Pmax)	232 MPa 33687 psi	Bullet Travel at Pmax	5.7 mm 0.22 in.
Load Density	0.583 g/cm <sup>3</sup>	Energy Density	2420 J/cm <sup>3</sup>
Values when Bullet Base Exits Muzzle...click here for more data			
Muzzle Pressure	15 MPa 2204 psi	Muzzle Velocity	420 m/s 1378 fps
Barrel Time, 10% Pmax to Muzzle	0.654 ms	Projectile Energy	657 Joule 485 ft.-lbs.
Amount of Propellant Burnt	100.0 %	Ballistic Efficiency	43.4 %
Results without any guarantee on usability ! WARNING: Near Maximum Average Pressure - tolerances may cause dangerous pressures ! End of combustion reached before projectile's base			

Tab. 4 Výsledky vnitrobalistického výpočtu programu QuickLOAD

## 6.2 Návrh a výpočet hlavně

Požadavkem při dimenzování hlavně je ověřit na základě pevnostních výpočtů její vnější rozměr v místě maximálního tlaku.

Vstupními údaji pro výpočet bude výpočet vnitrobalistického tlaku, mez kluzu použitého materiálu a navrhované vnější rozměry. Pro hlavňovou ocel 15 230 dle ČSN



odpovídá  $Re$  přibližně 900 MPa. Tato hodnota se liší v závislosti na tepelném zpracování materiálu.

### Postup:

Výpočet bude proveden do vzdálenosti 100 mm ode dna hlavně z důvodu konstantního průřezu hlavně směrem k ústí a průběhu vnitrobalistického tlaku, který se směrem k ústí snižuje. Extrém tlaku bývá v těsné blízkosti za přechodovým kuželem, tj. v zadní části hlavně.

Podle průběhu tlaku běžného spotřebního náboje  $p$  je stanoven tormentační tlak  $p_t$ , tj. tlak spotřebního náboje rozšířený o součinitel tormentace  $k_t = 1,3$ :

$$p_t = 1,3 * p, \quad (1)$$

Vynásobením tormentačního tlaku  $p_t$  o bezpečnostní součinitel  $k_b$  je získán průběh konstrukčního tlaku  $p_k$ :

$$p_k = k_b * p_t. \quad (2)$$

Hodnota součinitele  $k_b$  je v místě maximálního tlaku v rozmezí 1,2-1,4; v nábojové komoře 1,1-1,2; na ústí hlavně 2-3.

Je určen minimální vnější poloměr hlavně  $r_2$  ze vztahu:

$$r_2 = r_1 * \sqrt{\frac{\alpha + \sqrt{4 * \alpha - 3}}{\alpha - 3}}, \quad (3)$$

kde  $\alpha$  je roven poměru druhých mocnin maximálního dovoleného napětí a konstrukčního tlaku. Hodnota  $\alpha$  je tedy dána:

$$\alpha = \frac{\sigma_k^2}{p_k^2}. \quad (4)$$

Pokud se poměr  $\alpha$  blíží hodnotě 3 nebo méně, je nutné provést výpočet v pružně-plastické oblasti.

Pevnostní výpočet v pružně plastické oblasti nebo také provozní autofretáž je stav, kdy se připustí malé proplastizování části hlavně, dochází tak k překročení meze kluzu materiálu.

Tento neovlivňuje přesnost střelby, naopak dochází ke zpevnování materiálu hlavně. Obvykle je při výpočtu uvažováno proplastizování do jedné třetiny stěny hlavně.

Nové maximální dovolené napětí  $\sigma_{DA}$  je stanoveno rozšířením původního maximálního dovoleného napětí  $\sigma_D$  o součinitel autofretáže  $K_p$ :

$$\sigma_{DA} = K_p * \sigma_k. \quad (5)$$

Součinitel autofretáže  $K_p$  je při proplastizování do jedné třetiny hlavně roven hodnotě přibližně 1,32.

Nový poměr  $\alpha_A$  je určen ze vztahu:

$$\alpha_A = \frac{\sigma_{DA}^2}{p_t^2}, \quad (6)$$

Hodnota  $\alpha_A$  je tedy poměrem druhých mocnin dovoleného autofretážního napětí  $\sigma_{DA}$  a tormentačního tlaku  $p_t$ .

Minimální poloměr hlavně je stanoven jako:

$$r_2 = r_1 * \sqrt{\frac{\alpha_A + \sqrt{4 * \alpha_A - 3}}{\alpha_A - 3}}. \quad (7)$$

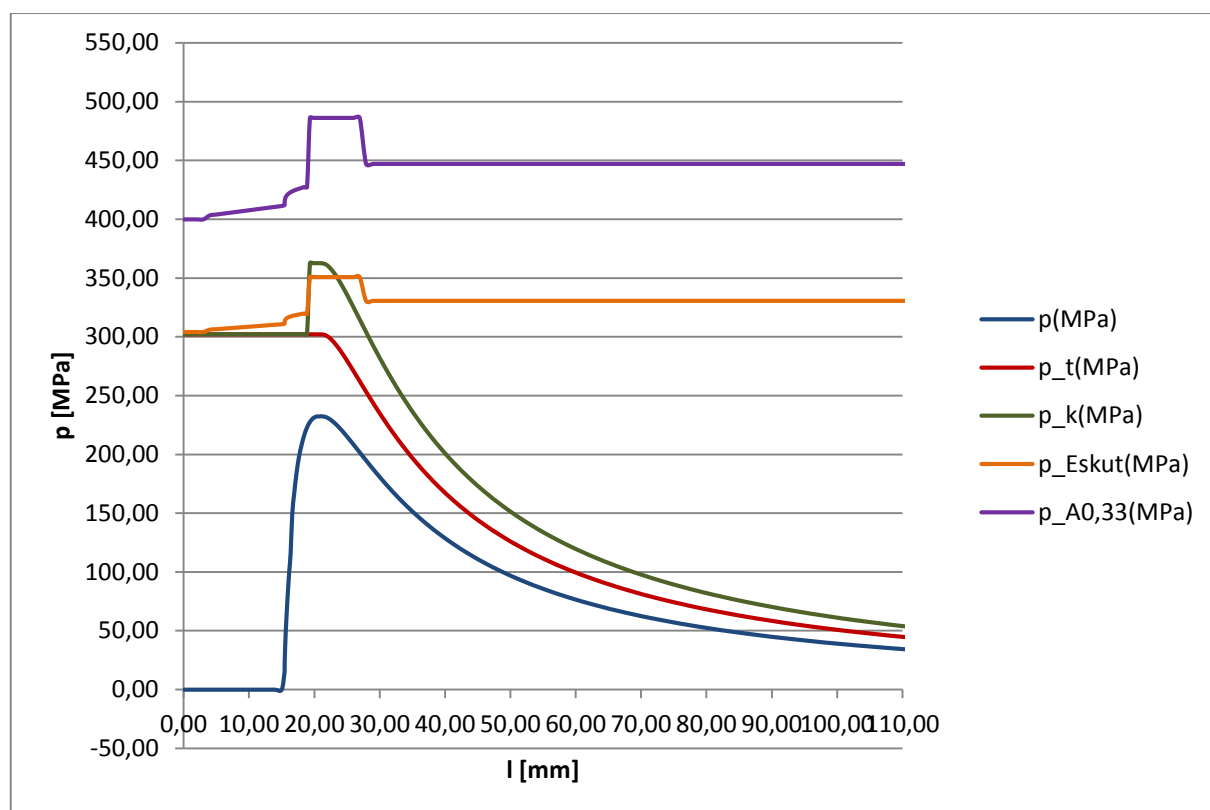
Průběh meze pružného odporu  $p_E$  byl vypočítán ze vztahu:

$$p_E = \sigma_k * \frac{a^2 - 1}{\sqrt{3a^4 + 1}}. \quad (8)$$

Nakonec byl určen autofretážní tlak  $p_{A0,3}$  z rovnice:

$$p_{A0,3} = \frac{\sigma_k}{\sqrt{3}} * \left( \frac{8a^2 - 4a - 4}{9a^2} + 2 \ln \frac{2+a}{3} \right) \quad (9)$$

Dle výpočtu minimálních vnějších rozměrů hlavně je ověřen skutečný vnější rozměr hlavně, který je uveden v příloze B. Na Obr. 4.7 Jsou znázorněny křivky vypočítaných průběhů tlaků:



Graf 3 Průběhy tlaků v hlavni

Z grafu vyplývá, že křivka autofretážního tlaku  $p_{A0,33}$  je v celém průběhu nad konstrukčním tlakem  $p_k$ , je tedy splněna podmínka:

$$p_{A0,33} \geq p_k \quad (10)$$

Návrh hlavně je tedy **vyhovující**.

## 7 Výpočet funkčního cyklu zbraně

### 7.1 Cyklogram zbraně

Cyklogram zbraně je grafické znázornění činností jednotlivých mechanismů a jejich drah v závislosti na dráze hlavního členu – závěru. Je zjednodušeným zobrazením kinematiky zbraně v hlavní ose pohybu. Z celkového zdvihu závěru uvedeného v cyklogramu je možno společně s dalšími údaji stanovit celkovou délku zbraně.

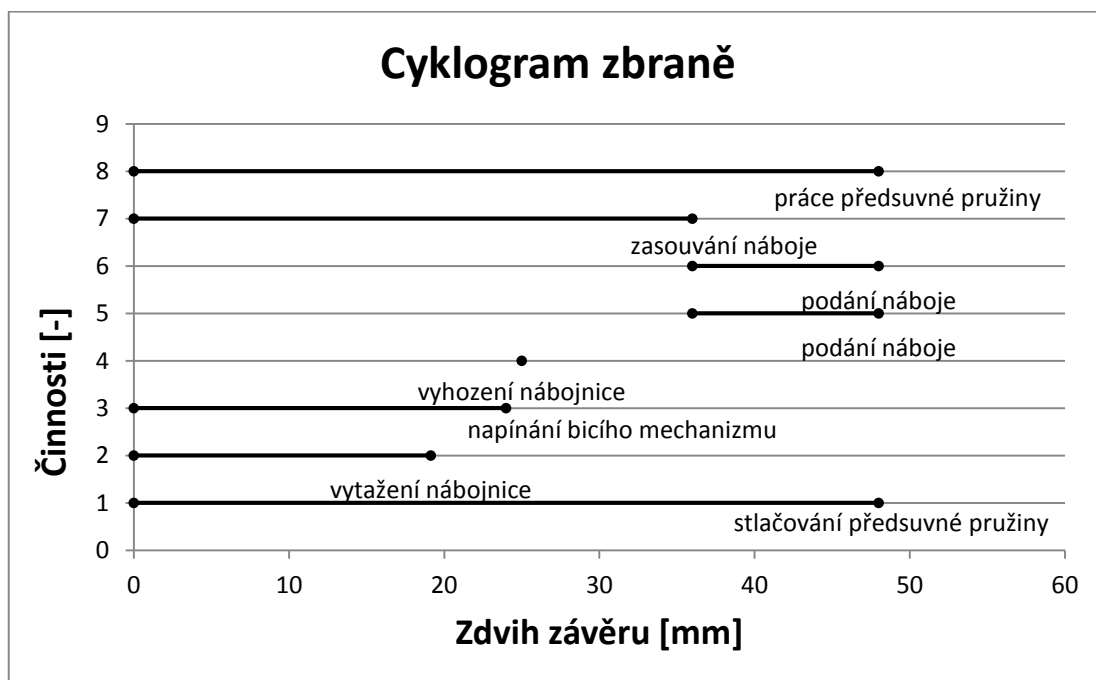
Cyklogram je dále využit při výpočtu energetické bilance mechanismu.

Činnosti mechanismů konverze a jejich dráhy jsou uvedeny v Tab. 5:

Poř. č.	Činnost	Začátek [mm]	Konec [mm]	Zdvih závěru [mm]	Celk. zdvih závěru [mm]	Směr
1	stlačování pp	0	48	48	48	dozadu
2	vytažení nbc	0	19,15	19,15	19,15	dozadu
3	napínání BM	0	23,99	23,99	23,99	dozadu
4	vyhození nbc	24,99	24,99	0	24,99	dozadu
5	podání náboje	35,99	48	12,01	48	dozadu
6	podání náboje	48	35,99	12,01	35,99	dopředu
7	zasouvání náboje	35,99	0	35,99	0	dopředu
8	práce pp	48	0	48	0	dopředu

Tab. 5 Činnosti a dráhy mechanismů konverze (pp-předsuvná pružina, nbc-nábojnice, BM-bicí mechanismus)

Cyklogram konverze je uveden v grafu 4:



Graf 4 Cyklogram zbraně

## 7.2 Výpočet impulzu síly od výstřelu, energie závěru

Impulz síly od výstřelu vzniká jako reakční složka síly vzniklé urychlením střely hlavní, má tedy opačný směr. Impulz síly od výstřelu je zdrojem pohonu pro automatickou funkci mechanismu.

Jeho zjednodušený výpočet vychází ze známých veličin – hmotností střely a prachové náplně, počáteční rychlosti střely a době výstřelu. Do výpočtu je zahrnut koeficient dodatečného účinku prachových plynů v čase, kdy střela opustila hlaveň.

Impulz síly je využit při výpočtu energetické bilance mechanismu.

Impulz síly je určen ze vztahu:

$$I_{Hq} = \left( m_q + \frac{1}{2} * m_{\omega} \right) * 2 * \frac{1550 * m_{\omega} - I_{Hú}}{m_{\omega}}, \quad (11)$$

kde za  $m_q$  je dosazena hmotnost střely, za  $m_{\omega}$  hmotnost prachové náplně. Impulz dodatečného účinku prachových plynů v čase, kdy střela opustila hlaveň  $I_{Hú}$ , je vypočítána ze vztahu:

$$I_{Hú} = \left( \frac{1550}{v_0} - 0,5 \right) * m_{\omega} v_0, \quad (12)$$

kde  $v_0$  je počáteční rychlost střely. Ve vzorcích uvedených výše je zahrnut součinitel dodatečného účinku prachových plynů  $\beta$ , který je pro krátké kulové palné zbraně přibližně roven 4.[2]

Ze známých veličin impulzu síly od výstřelu a hmotnosti závěru lze vypočítat maximální rychlost závěru při pohybu vzad:

$$V_{MAX} = \frac{I_{Hq}}{m_s} = \frac{3,224}{0,460} = 7,02 \text{ m.s}^{-1}, \quad (13)$$

kde  $m_s$  je hmotnost pohybujících se součástí v počáteční fázi výstřelu – závěru, předpokládané hmotnosti pedsuvné pružiny, vytahovače, zápalníku, pružiny zápalníku a čepů. Z maximální

rychlosti sestavy závěru a její hmotnosti lze stanovit maximální energii sestavy závěru, která je zdrojem energie pro pohyb vzad:

$$E_{MAX}^+ = \frac{1}{2} * m_Z * V_{MAX}^2 = \frac{1}{2} * 0,46 * 7,02^2 = 11,31 J. \quad (14)$$

### 7.3 Energetická bilance mechanismu

Ze známé energie sestavy závěru jako zdroje pohonu a vypočítaných ztrát lze určit energetickou bilanci mechanismu. Cílem výpočtu je ověřit minimální energii závěru v zadní úvrati. Ta je dána nárazovou rychlostí závěru v zadní úvrati. Dále bude ověřena energie závěru v přední poloze při uzavření hlavně a jeho rychlost těsně před nárazem. Tato energie je důležitá pro správnou funkci celé zbraně.

Pro výpočet energetické bilance mechanismu je důležité předběžně navrhnout předsuvnou pružinu a vypočítat její energii. Tato energie bude zahrnuta do součtu ztrátové energie při pohybu závěru vzad. Výpočet energetické bilance mechanismu bude tedy proveden v těchto krocích:

- 1) Předběžný návrh předsuvné pružiny, výpočet její energie;
- 2) Výpočet složek ztrátových energií;
- 3) Kontrolní výpočet dopadové energie a rychlosti závěru v zadní úvrati;
- 4) Revize návrhu předsuvné pružiny;
- 5) Výpočet dopadové energie a rychlosti závěru v přední úvrati.

#### 7.3.1 Předběžný návrh předsuvné pružiny

Požadavkem při návrhu bylo použití katalogové předsuvné pružiny některého z výrobců. Pružina má specifické parametry – poměrně velkou volnou délkou  $L_0$ , malý vnější průměr  $D_1$  ve vztahu k silám  $F_1$  a  $F_8$ . Žádný z výrobců takovou pružinu nenabízí, pružina byla tedy navržena jako nová vyráběná součást.

Pro návrh a kontrolu pedsuvné pružiny byl využit modul pro tlačné pružiny, který je dostupný v CAD software Autodesk Inventor Professional.

Návrh pružiny probíhal v těchto bodech:

- Stanovení vnějších rozměrů pružiny na základě zástavbového prostoru pro pružinu
- Předběžný návrh průměru drátu a počtu činných závitů
- Výpočet sil pružiny
- Pevnostní výpočet pružiny
- Korekce parametrů pružiny na základě výsledků výpočtů
- Výpočty na základě upravených parametrů. Kontrola pužiny. Stanovení volné délky pružiny  $L_0$ .

Parametry pedsuvné pružiny		
$L_0$	130	mm
$L_1$	117	mm
$L_8$	69	mm
$L_9$	56	mm
$d$	0,9	mm
$D_1$	6,0	mm
$D_2$	4,2	mm
$n$	60	-
$F_1$	9,18	N
$F_8$	43,06	N
$F_9$	52,20	N

Tab. 6 Parametry pedsuvné pružiny

Výpočtová zpráva pedsuvné pružiny je uvedena v příloze 3.

### 7.3.2 Výpočet složek ztrátových energií

Při pohybu závěru vzad je odebírána energie zejména při činnosti jednotlivých mechanismů zbraně. Část energie je dále kumulována v pružinách. Malý podíl energie je spotřebován na třecí a jiné pasivní odpory. Rozdílem hnací energie a ztrátových energií je získána dopadová energie závěru v zadní úvrati.

- **Energie při napínání bicího mechanismu**

$$E_{BM}^- = \frac{F_{1BM} + F_{8BM}}{2} * \frac{r}{r_{1-BP}} * X_{NAP} = \frac{75+90}{2} * \frac{0,017}{0,0057} * 0,0195 = 4,80 J, \quad (15)$$

kde  $r$  je střední rameno napínání,  $r_{1-BP}$  je rameno na tyčce bicí pružiny a  $X_{NAP}$  je délka napínání bicího mechanismu. Výpočet vychází ze střední síly bicí pružiny, dráha napínání je určena z cyklogramu.

- **Energie při napínání pedsuvné pružiny:**

$$E_{kPP} = \frac{F_1 + F_8}{2} * h = \frac{9,2 + 43,1}{2} * 0,048 = 1,26 J \quad (16)$$

zde je opět vycházeno ze střední síly pružiny a dráhy napínání. Pružina je napínána po celé délce zdvihu závěru.

- **Třecí ztráty ve vedení závěru**

$$E_{tZ}^- = \varphi * (m_Z * g * f * X_Z) = 1,35 * (0,46 * 9,81 * 0,2 * 0,048) = 0,058 J, \quad (17)$$

kde  $\varphi$  je součinitel zvýšení ztrát, ve kterém je zahrnut jednorázový úbytek energie při vyhození vystřelené nábojnice.  $m_Z$  je hmotnost závěru a souvisejících součástí,  $f$  koeficient tření a  $X_Z$  dráha závěru.

- **Třecí ztráty vzniklé při napínání bicího mechanismu**

$$E_{tBM}^- = \frac{F_{8BM} * r_8}{r} * f * X_Z = \frac{90 * 0,017}{0,0057} * 0,2 * 0,048 = 0,29 J, \quad (18)$$

kdy na závěr působí maximální pracovní síla bicí pružiny  $F_8$  na rameni uložení tyčky bicí pružiny  $r_8$ . Tento moment je vztažený ke střednímu poloměru otáčení kohoutu  $r$ .

- **Třecí ztráty kontaktu můstku závěru a náboje**

Ztráty, které vznikají při posuvu závěru přes poslední náboj v zásobníku lze určit:

$$E_{tNAB}^- = F_{8ZASP} * f * X_{NAB} = 80 * 0,16 * 0,02969 = 0,380 J. \quad (19)$$

Součtem ztrátových energií lze získat celkovou ztrátovou energii při pohybu závěru vzad:

$$E_{celk}^- = E_{BM}^- + E_{kPP} + E_{tZ}^- + E_{tBM}^- + E_{tNAB}^- = 6,78 J. \quad (20)$$



### 7.3.3 Kontrolní výpočet dopadové energie a rychlosti závěru v zadní úvrati

Dopadová energie je rozdílem energie pohonu mechanismu a sumy ztrátových energií:

$$E_{dop-vzadu} = E_{MAX}^+ - E_{celk}^- = 4,52 J. \quad (21)$$

Z dopadové energie závěru v zadní úvrati je dopočítána dopadová rychlost závěru:

$$V_{dop-vzdadu} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{dop-vzadu}}{m_Z}} = 4,43 m \cdot s^{-1}, \quad (22)$$

Při znalosti dopadové rychlosti a koeficientu restituce lze stanovit odrazovou rychlost závěru ze zadní úvrati:

$$V_{OD} = \varepsilon \cdot V_{dop-vzadu} = 0,4 \cdot 4,43 = 1,78 m \cdot s^{-1}. \quad (23)$$

### 7.3.4 Výpočet energie a rychlosti závěru v přední úvrati

Zdrojem energie pro pohon závěru vpřed je zbytková energie závěru po nárazu vzadu a naakumulovaná energie pedsuvné pružiny:

$$E_{OD}^+ = \frac{1}{2} m_Z \cdot V_{OD}^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,46 \cdot 1,78^2 = 0,724 J. \quad (24)$$

$$E_{PP}^+ = E_{PP} - 0,125 \cdot E_{PP} = 1,10 J \quad (25)$$

Ztráta energie u naakumulované pružiny bývá v rozmezí 5-20%.

Suma kinetické energie závěru a energie pedsuvné pružiny je zdrojem energie pro uzavření závěru a dokončení funkčního cyklu:

$$E_{MAX}^+ = E_{OD}^+ + E_{PP}^+ = 1,82 J. \quad (26)$$

Při pohybu závěru vpřed jsou dále uvažovány ztráty při vysouvání náboje ze zásobníku:

$$E_{VYSNB}^- = F_{8Z\dot{A}SP} \cdot f \cdot X_{NBC} = 80 \cdot 0,16 \cdot 0,019 = 0,243 J. \quad (27)$$

ty jsou dány maximální pracovní silou zásobníkové pružiny  $F_8$ , součinitelem tření pro kontakt ocel-mosaz a délkou nábojnice  $X_{NBC}$ .

Rozdílem energie pohonu závěru vpřed a ztrátových energií je získána energie závěru v okamžiku jeho uzavření. Do výpočtu jsou dále zahrnuty energetické ztráty, které dále vznikají např. při zasouvání náboje do komory, ve vedení závěru apod.:

$$E_{kDOR} = (E_{MAX}^+ - E_{VYSNB}^-) * 0,9 = 1,30 \text{ J}. \quad (28)$$

Dále je stanovena dorazová rychlost závěru:

$$V_{DOR} = \sqrt{\frac{2 * E_{kDOR}}{m_S}} = 2,38 \text{ m.s}^{-1}. \quad (29)$$

Funkce závěru musí být zajištěna ve všech režimech. Je tedy nutné ověřit dopadovou energii a rychlost závěru v případě, že je závěr vypuštěn ručně – tedy bez zahrnutí odrazové energie v zadní úvrati:

$$E_{kDOR-R} = (E_{PP}^+ - E_{VYSNB}^-) * 0,9 = 0,65 \text{ J},$$

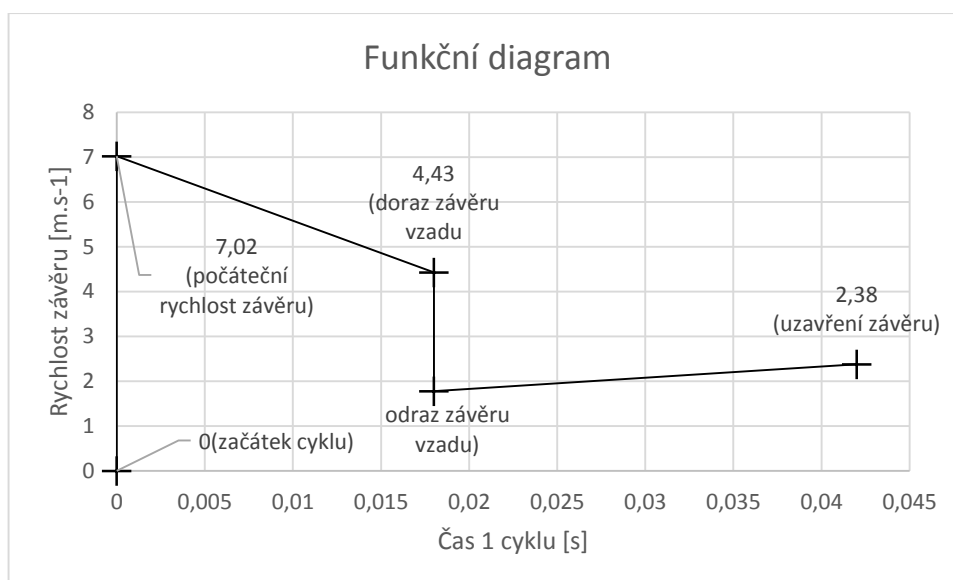
Je vypočítána dopadová rychlost závěru při ručním vypuštění:

$$V_{DOR-R} = \sqrt{\frac{2 * E_{kDOR-R}}{m_S}} = 1,68 \text{ m.s}^{-1} \quad (30)$$

Dorazová rychlost závěru v přední úvrati má být minimálně  $1 \text{ m.s}^{-1}$  [1, 2]. Z výpočtů tedy vyplývá, že ve všech případech je podmínka splněna a návrh závěrového systému a předšuvné pružiny je **vyhovující**.

## 7.4 Funkční diagram zbraně

Ve funkčním diagramu zbraně je znázorněna závislost rychlosti závěru na jeho zdvihu. Vstupními daty pro sestavení funkčního diagramu jsou celkový čas pohybu závěru, průměrné rychlosti závěru při pohybu vzad a vpřed, dopadové a odrazové rychlosti.



*Graf 5 Funkční diagram konverze*

## **Závěr**

V závěrečné práci byla řešena problematika zbraňových konverzí s využitím původních funkčních celků zbraně. Karabinové konverze jsou moderním doplňkem ke zbraní, rozšiřují oblast jejího použití, zvyšují užité vlastnosti, umožňují větší efektivní dostřel zbraně při zachování komfortu střelby.

V první části práce byly definovány druhy zbraní a klasifikován pojem konverze. Dále byly popsány jednotlivé mechanismy zbraně, jejich činnosti a funkční principy. V hlavní části práce byl vytvořen ideový návrh karabinové konverze na rozhraní rámu pistole CZ 75 Compact, byly navrženy hlavní díly zbraně. Na základě výpočtů vnitřní balistiky byla ověřena pevnost navržené hlavně. Dále byl vypočítán funkční cyklus zbraně a navržena vratná pružina jako jeden z hlavních funkčních členů.

Systém byl navržen s ohledem na výrobní možnosti běžného strojírenského podniku, s důrazem na technologičnost konstrukce a snadnou vyrobiteľnost. Jedním z hlavních kritérií při návrhu byla případná výroba ve středních až větších sériích a s tím související volba polotovarů a technologie výroby.

Návrh zbraně a výkresová dokumentace mohou být použity pro výrobu funkčního vzorku konverze, případně pro další vývoj v rámci prototypu.

## Seznam použité literatury

- [1] Zákon o střelných zbraních a střelivu a o změně zákona č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o změně zákona č. 288/1995 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o střelných zbraních), ve znění zákona č. 13/1998 Sb., a zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, (zákon o zbraních)
- [2] FIŠER, Miloslav a Stanislav PROCHÁZKA. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 140 s. ISBN 978-80-248-1430-8.
- [3] MACKO, Martin. *Teorie a výpočty loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 100 s. ISBN 978-80-248-1255-7.
- [4] FIŠER, Miloslav a Lubomír POPELÍNSKÝ. *Hlavňové zbraně: Část 5 - Automatické zbraně*. Brno, 1995. Vysokoškolské skriptum. Vojenská akademie v Brně.
- [5] BEER, Stanislav. *Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní: (vnitřní balistika LSOZ)*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 117 s. ISBN 978-80-248-1022-52007.
- [6] ŠÁDA, Miroslav. *Československé ruční palné zbraně a kulometry*. Praha: Naše vojsko, 2004, 199 s. ISBN 80-206-0745-5.
- [7] KOMENDA, J.: *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. VŠB-TUO, Ostrava 2006, s. 132.
- [8] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [9] MYNÁŘ, V. A KOL. *Části strojů*. VŠB-TU Ostrava, 1978. 398 s.

## Přílohy

- A) Tabulka vypočtených hodnot vnitrobalistických veličin programu QuickLOAD
- B) Tabulka vypočtených hodnot pro hlaveň 9mm Luger
- C) Výpočtová zpráva předšuvné pružiny
- D) Výňatek z normy STANAG 4694
- E) Výkresová dokumentace konverze (1x sestavný výkres, 4x výrobní výkres)
- F) Zvláštní příloha. Obsahuje CD nosič s elektronickou podobou této BP

### Příloha A

Tabulka vypočtených hodnot vnitrobalistických veličin programu QuickLOAD

<b>Cartridge:</b>	9 mm Luger (CIP)
<b>Bullet:</b>	.355, 115 Hirtenb. FMJ RN
<b>Useable Case Cap:</b>	9,645 grain H2O = 0,626 cm3
<b>Cartridge O.A.L.</b>	L6: 1,169 inch = 29,69 mm
<b>Barrel Length:</b>	4,7 inch = 120 mm
<b>Powder:</b>	Lovex S 020
<b>Charge:</b>	5,6 grains = 0,37 grams

Estimates of the progress of combustion:

NR.:	x(mm)	Z(%)	v(m/s)	p(bar)	t(ms)
0	0	1,52	0	150	0
1	0	1,62	0,3	160,7	0,0011
2	0,002	1,75	0,7	173,2	0,0038
3	0,005	1,93	1,2	190,9	0,0073
4	0,011	2,17	1,9	214,3	0,0114
5	0,022	2,48	2,7	244	0,0161
6	0,039	2,88	3,8	281,7	0,0213
7	0,065	3,37	5,2	328,7	0,0269
8	0,101	3,99	7	386,1	0,0329
9	0,151	4,76	9,1	455,4	0,0391
10	0,218	5,7	11,7	537,8	0,0455
11	0,304	6,84	14,8	634,1	0,052
12	0,414	8,21	18,5	745,2	0,0586
13	0,551	9,84	22,9	870,7	0,0652
14	0,72	11,77	27,9	1010,2	0,0719
15	0,925	14,04	33,8	1161,6	0,0785
16	1,17	16,68	40,5	1323	0,0851
17	1,462	19,71	48	1491	0,0917
18	1,805	23,17	56,5	1661,8	0,0983

19	2,205	27,09	65,8	1831,6	0,1048
20	2,614	31	74,8	1978,7	0,1106
21	3,016	34,4	82,7	2082,5	0,1157
22	3,436	37,72	90,6	2165,5	0,1206
23	3,876	40,96	98,5	2229,2	0,1252
24	4,34	44,11	106,4	2275,5	0,1298
25	4,828	47,17	114,3	2305,7	0,1342
26	5,345	50,14	122,2	2321,2	0,1386
27	5,479	50,87	124,2	2322,9	0,1397
28	5,615	51,6	126,1	2323,9	0,1407
29	5,649	51,78	126,6	2324	0,141
30	5,683	51,96	127,1	2324	0,1413
31	5,692	52	127,3	2324	0,1413
32	5,701	52,05	127,4	2324	0,1414
33	5,705	52,07	127,4	2324	0,1415
34	5,709	52,09	127,5	2324	0,1415
35	5,714	52,12	127,6	2324	0,1415
36	6,284	54,95	135,5	2317,9	0,1459
37	6,89	57,69	143,4	2300,4	0,1502
38	7,535	60,35	151,2	2272,7	0,1546
39	8,223	62,92	159,1	2236	0,159
40	8,959	65,41	167	2191,1	0,1635
41	9,746	67,81	174,9	2139,1	0,1681
42	10,59	70,12	182,8	2080,9	0,1728
43	11,496	72,35	190,7	2017,2	0,1777
44	12,471	74,49	198,6	1948,9	0,1827
45	13,521	76,54	206,5	1876,8	0,1879
46	14,655	78,51	214,4	1801,6	0,1933
47	15,881	80,39	222,3	1723,8	0,1989
48	17,21	82,19	230,2	1644,2	0,2048
49	18,653	83,9	238,1	1563,3	0,2109
50	20,223	85,52	246	1481,7	0,2174
51	21,935	87,06	253,9	1399,8	0,2243
52	23,806	88,51	261,8	1318,1	0,2315
53	25,856	89,87	269,7	1237,1	0,2392
54	28,106	91,15	277,6	1157,2	0,2475
55	30,585	92,34	285,5	1078,6	0,2563
56	33,322	93,45	293,4	1001,7	0,2657
57	36,353	94,47	301,3	926,9	0,2759
58	39,72	95,4	309,2	854,4	0,2869
59	43,472	96,25	317,1	784,3	0,2989
60	47,669	97,01	324,9	717	0,312
61	52,38	97,68	332,8	652,5	0,3263
62	57,691	98,27	340,7	591,1	0,3421
63	63,701	98,77	348,6	532,8	0,3595
64	70,536	99,19	356,5	477,8	0,3789

	65	78,347	99,52	364,4	426	0,4006	
	66	87,319	99,76	372,3	377,5	0,4249	
	67	97,686	99,92	380,2	332,5	0,4525	
	----	----	----	----	----	----	
	100	184,237	99,99	456,6	150,3	0,5113	
	Muzzle						

kde je:

x – dráha střely

Z – procento shořelého prachového zrna

v – rychlost střely

p – tlak v hlavni

t – čas

## Příloha B

Tabulka vypočtených hodnot pro hlavěň 9mm Luger

l(mm)	x(mm)	p <sub>sn</sub> (MPa)	p <sub>t</sub> (MPa)	p <sub>k</sub> (MPa)	D2(mm)	p <sub>E</sub> (MPa)	p <sub>A0,3</sub> (MPa)	k
0,00	0,00	15,00	302,12	302,12	15,20	304,03	399,93	1,32
1,00	0,00	16,07	302,12	302,12	15,20	304,03	399,93	1,32
2,00	0,00	17,32	302,12	302,12	15,20	304,03	399,93	1,32
3,00	0,00	19,09	302,12	302,12	15,20	304,03	399,93	1,32
4,00	0,00	21,43	302,12	302,12	15,20	306,02	403,34	1,32
5,00	0,00	24,40	302,12	302,12	15,20	306,45	404,06	1,32
6,00	0,00	28,17	302,12	302,12	15,20	306,87	404,79	1,32
7,00	0,00	32,87	302,12	302,12	15,20	307,29	405,51	1,32
8,00	0,00	38,61	302,12	302,12	15,20	307,71	406,24	1,32
9,00	0,00	45,54	302,12	302,12	15,20	308,13	406,96	1,32
10,00	0,00	53,78	302,12	302,12	15,20	308,55	407,69	1,32
11,00	0,00	63,41	302,12	302,12	15,20	308,97	408,42	1,32
12,00	0,00	74,52	302,12	302,12	15,20	309,39	409,14	1,32
13,00	0,00	87,07	302,12	302,12	15,20	309,81	409,87	1,32
14,00	0,00	101,02	302,12	302,12	15,20	310,23	410,60	1,32
15,00	0,00	116,16	302,12	302,12	15,20	310,65	411,33	1,32
15,44	0,00	132,30	302,12	302,12	15,20	311,07	412,06	1,32
15,44	0,00	149,10	302,12	302,12	15,20	311,49	412,79	1,33
15,44	0,00	166,18	302,12	302,12	15,20	311,91	413,52	1,33
15,45	0,01	183,16	302,12	302,12	15,20	312,33	414,25	1,33
15,45	0,01	197,87	302,12	302,12	15,20	312,74	414,98	1,33



15,46	0,02	208,25	302,12	302,12	15,20	313,16	415,71	1,33
15,48	0,04	216,55	302,12	302,12	15,20	313,58	416,44	1,33
15,51	0,07	222,92	302,12	302,12	15,20	313,99	417,17	1,33
15,54	0,10	227,55	302,12	302,12	15,20	314,41	417,90	1,33
15,59	0,15	230,57	302,12	302,12	15,20	314,82	418,63	1,33
15,66	0,22	232,12	302,12	302,12	15,20	315,24	419,37	1,33
15,74	0,30	232,29	302,12	302,12	15,20	315,66	420,10	1,33
15,85	0,41	232,39	302,12	302,12	15,20	316,07	420,83	1,33
15,99	0,55	232,40	302,12	302,12	15,20	316,48	421,57	1,33
16,16	0,72	232,40	302,12	302,12	15,20	316,90	422,30	1,33
16,37	0,93	232,40	302,12	302,12	15,20	317,31	423,04	1,33
16,61	1,17	232,40	302,12	302,12	15,20	317,73	423,77	1,33
16,90	1,46	232,40	302,12	302,12	15,20	318,14	424,51	1,33
17,25	1,81	232,40	302,12	302,12	15,20	318,55	425,24	1,33
17,65	2,21	232,40	302,12	302,12	15,20	318,96	425,98	1,34
18,05	2,61	232,40	302,12	302,12	15,20	319,38	426,72	1,34
18,46	3,02	232,40	302,12	302,12	15,20	319,79	427,46	1,34
18,88	3,44	232,40	302,12	302,12	15,20	319,79	427,46	1,34
19,32	3,88	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
19,78	4,34	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
20,27	4,83	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
20,79	5,35	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
20,92	5,48	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,06	5,62	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,09	5,65	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,12	5,68	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,13	5,69	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,14	5,70	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,15	5,71	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,15	5,71	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,15	5,71	232,40	302,12	362,54	15,20	350,78	486,24	1,39
21,72	6,28	231,79	301,33	361,59	15,20	350,78	486,24	1,39
22,33	6,89	230,04	299,05	358,86	15,20	350,78	486,24	1,39
22,98	7,54	227,27	295,45	354,54	15,20	350,78	486,24	1,39
23,66	8,22	223,60	290,68	348,82	15,20	350,78	486,24	1,39
24,40	8,96	219,11	284,84	341,81	15,20	350,78	486,24	1,39
25,19	9,75	213,91	278,08	333,70	15,20	350,78	486,24	1,39
26,03	10,59	208,09	270,52	324,62	15,20	350,78	486,24	1,39
26,94	11,50	201,72	262,24	314,68	15,20	350,78	486,24	1,39
27,91	12,47	194,89	253,36	304,03	14,28	330,56	447,13	1,35
28,96	13,52	187,68	243,98	292,78	14,28	330,56	447,13	1,35
30,10	14,66	180,16	234,21	281,05	14,28	330,56	447,13	1,35
31,32	15,88	172,38	224,09	268,91	14,28	330,56	447,13	1,35
32,65	17,21	164,42	213,75	256,50	14,28	330,56	447,13	1,35
34,09	18,65	156,33	203,23	243,87	14,28	330,56	447,13	1,35
35,66	20,22	148,17	192,62	231,15	14,28	330,56	447,13	1,35

37,38	21,94	139,98	181,97	218,37	14,28	330,56	447,13	1,35
39,25	23,81	131,81	171,35	205,62	14,28	330,56	447,13	1,35
41,30	25,86	123,71	160,82	192,99	14,28	330,56	447,13	1,35
43,55	28,11	115,72	150,44	180,52	14,28	330,56	447,13	1,35
46,03	30,59	107,86	140,22	168,26	14,28	330,56	447,13	1,35
48,76	33,32	100,17	130,22	156,27	14,28	330,56	447,13	1,35
51,79	36,35	92,69	120,50	144,60	14,28	330,56	447,13	1,35
55,16	39,72	85,44	111,07	133,29	14,28	330,56	447,13	1,35
58,91	43,47	78,43	101,96	122,35	14,28	330,56	447,13	1,35
63,11	47,67	71,70	93,21	111,85	14,28	330,56	447,13	1,35
67,82	52,38	65,25	84,83	101,79	14,28	330,56	447,13	1,35
73,13	57,69	59,11	76,84	92,21	14,28	330,56	447,13	1,35
79,14	63,70	53,28	69,26	83,12	14,28	330,56	447,13	1,35
85,98	70,54	47,78	62,11	74,54	14,28	330,56	447,13	1,35
93,79	78,35	42,60	55,38	66,46	14,28	330,56	447,13	1,35
...	...	...	...	...	...	...	...	...
182,76	167,32	15,75	20,48	31,41	14,28	330,56	447,13	1,35

kde je:

$l$  – vzdálenost ode dna nábojové komory

$x$  – dráha střely

$p_{sn}$  – tlak spotřebního náboje

$p_t$  – tormentační tlak

$p_k$  – konstrukční tlak

$D_2$  – vnější průměr hlavně

$p_E$  – tlak pro překročení meze pružného odporu

$p_{A0,3}$  – proplastizační tlak do třetiny tloušťky stěny hlavně

$k$  – vypočítaný součinitel bezpečnosti

## Příloha C

## Compress Spring Component Generator (Version: 2016 (Build 200138000, 138))

25. 4. 2017

## Project Info

## Guide

Spring Strength Calculation	Spring Check Calculation
Method of Stress Curvature Correction	No Correction

## Spring Load

Min. Load	$F_1$	9,176 N
Max. Load	$F_8$	43,056 N
Working Load	$F$	21,175 N

## Spring Dimensions

Loose Spring Length	$L_0$	130,000 mm
Wire Diameter	$d$	0,900 mm
Pitch of Free Spring	$t$	2,133 mm
Outside Spring Diameter	$D_1$	6,000 mm
Mean Spring Diameter	$D$	5,100 mm
Inside Spring Diameter	$D_2$	4,200 mm
Spring Index	$c$	5,667 ul

## Spring Coils

Active Coils	n	60,000 ul	
Coil Direction	right		
Spring Ends			
Params	Start		End
Closed End Coils	n <sub>z1</sub>	1,500 ul	n <sub>z2</sub> 1,000 ul
Transition Coils	n <sub>t1</sub>	1,000 ul	n <sub>t2</sub> 0,750 ul
Ground Coils	z <sub>o1</sub>	0,750 ul	z <sub>o2</sub> 0,500 ul

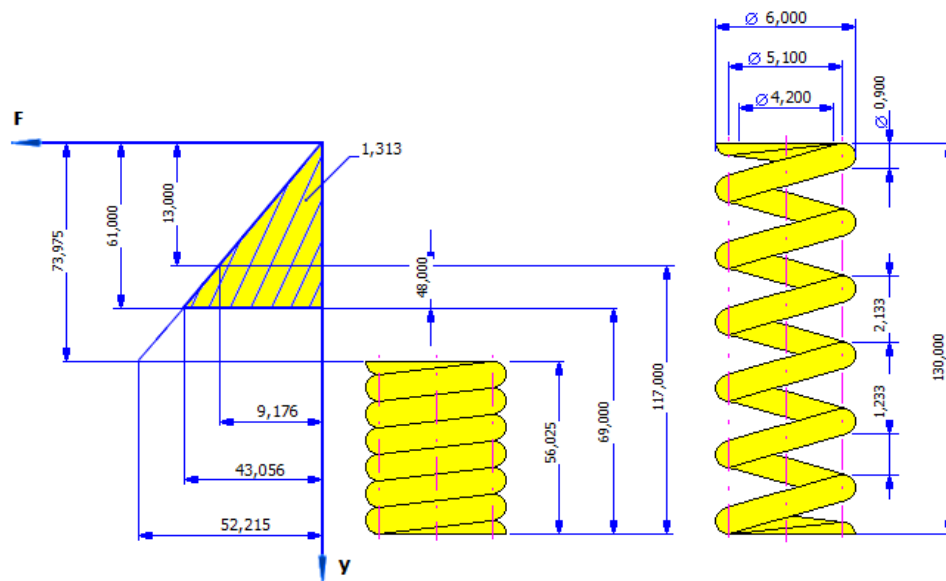
## Assembly Dimensions

Min. Load Length	$L_1$	117,000 mm
Max. Load Length	$L_8$	69,000 mm
Working Stroke	$H$	48,000 mm
Working Load Length	$L_w$	100,000 mm
Installed Length	$L$	117,000 mm

## Spring Material

User material		
Ultimate Tensile Stress	$\sigma_{ult}$	1860,000 MPa
Allowable Torsional Stress	$T_A$	930,000 MPa
Modulus of Elasticity in Shear	$G$	68500,000 MPa
Density	$\rho$	7850 kg/m <sup>3</sup>
Utilization Factor of Spring Material	$us$	0,900 ul

### Working Diagram

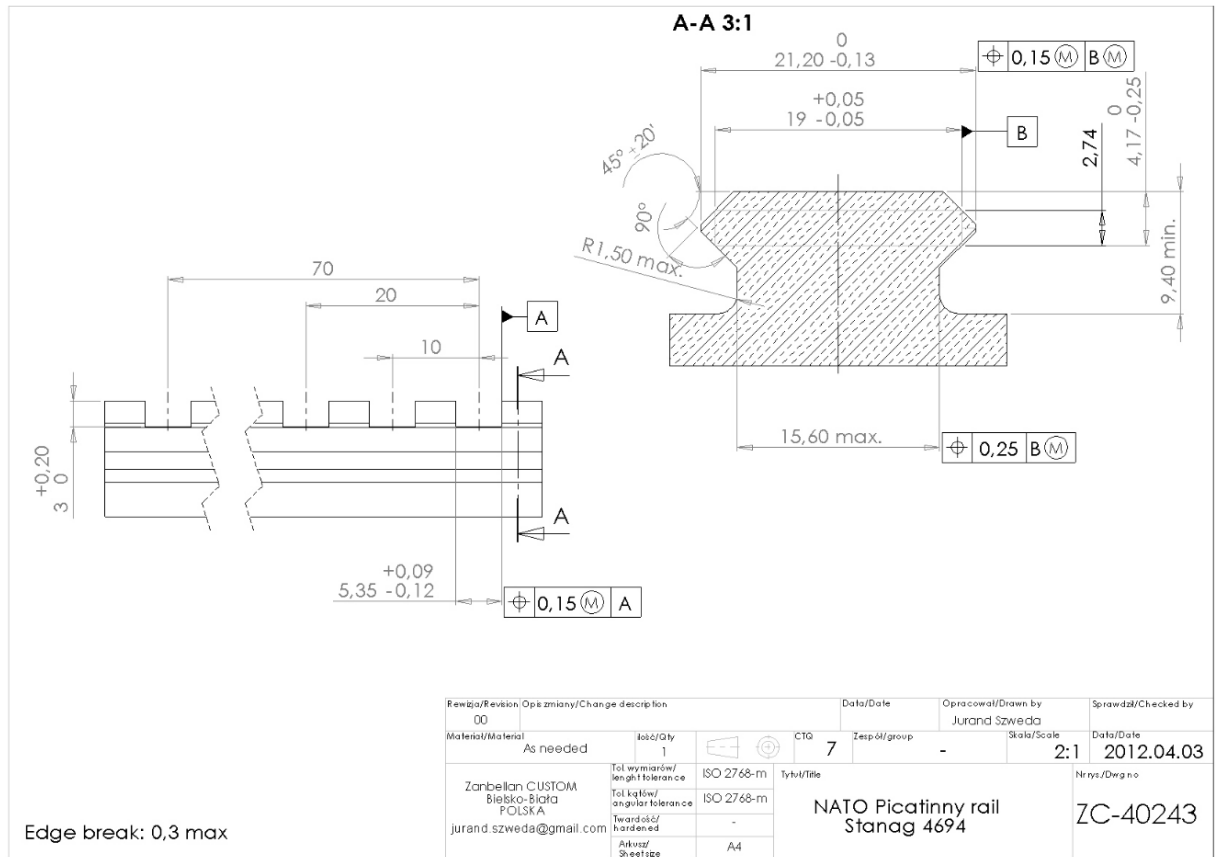


### Results

Space between Coils of Free Spring	a	1,233 mm
Pitch of Free Spring	t	2,133 mm
Stress Concentration Factor	$K_w$	1,000 ul
Spring Constant	k	0,706 N/mm
Min. Load Spring Deflection	$s_1$	13,000 mm
Total Spring Deflection	$s_8$	61,000 mm
Limit Spring Deflection	$s_9$	73,975 mm
Limit Test Length of Spring	$L_{minf}$	64,946 mm
Theoretic Limit Length of Spring	$L_9$	56,025 mm
Spring Limit Force	$F_9$	52,215 N
Min. Load Stress	$\tau_1$	163,469 MPa
Max. Load Stress	$\tau_8$	767,046 MPa
Solid Length Stress	$\tau_9$	930,201 MPa
Critical Speed of Spring	v	4,975 mps
Natural Frequency of Spring Surge	f	191,720 Hz
Deformation Energy	$W_8$	1,313 J
Wire Length	l	1020,000 mm
Spring Mass	m	0,005 kg
Spring Check Result		<b>Positive</b>

**Příloha D**

Rozměry lišty dle STANAG 4694:

[<http://www.grabcad.org>]

### Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucímu své diplomové práce Dr. Ing. Jaroslavu Meleckému za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování; České zbrojovce a.s., Ing. Daliboru Krupicovi a Ing. Jiřímu Kafkovi za pomoc a poskytnutí podpory. Dále chci poděkovat své rodině za podporu.